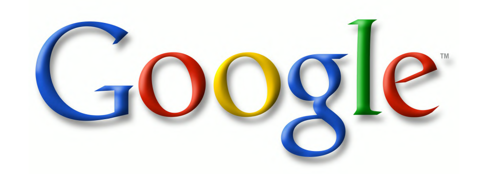
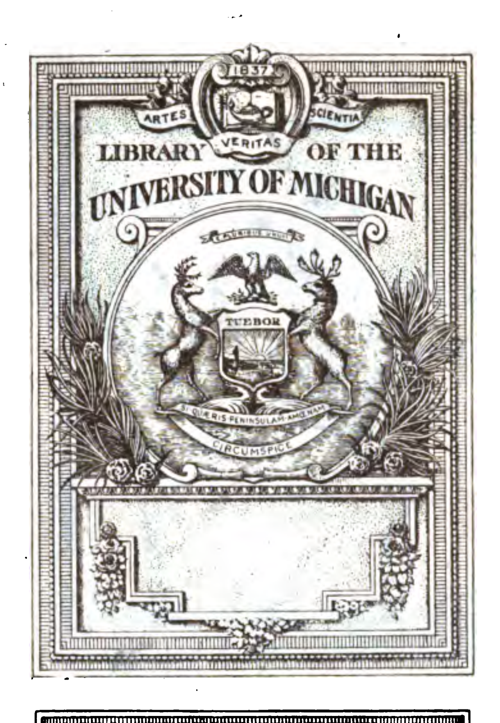







Ein vollständiges Verzeichnis der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" befindet sich am Schluß dieses Bandes.



Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
130. Bändchen

# Die Erscheinungen des Lebens

## Grundprobleme der modernen Biologie

Von

Dr. H. Miehe
Privatdozent in Leipzig

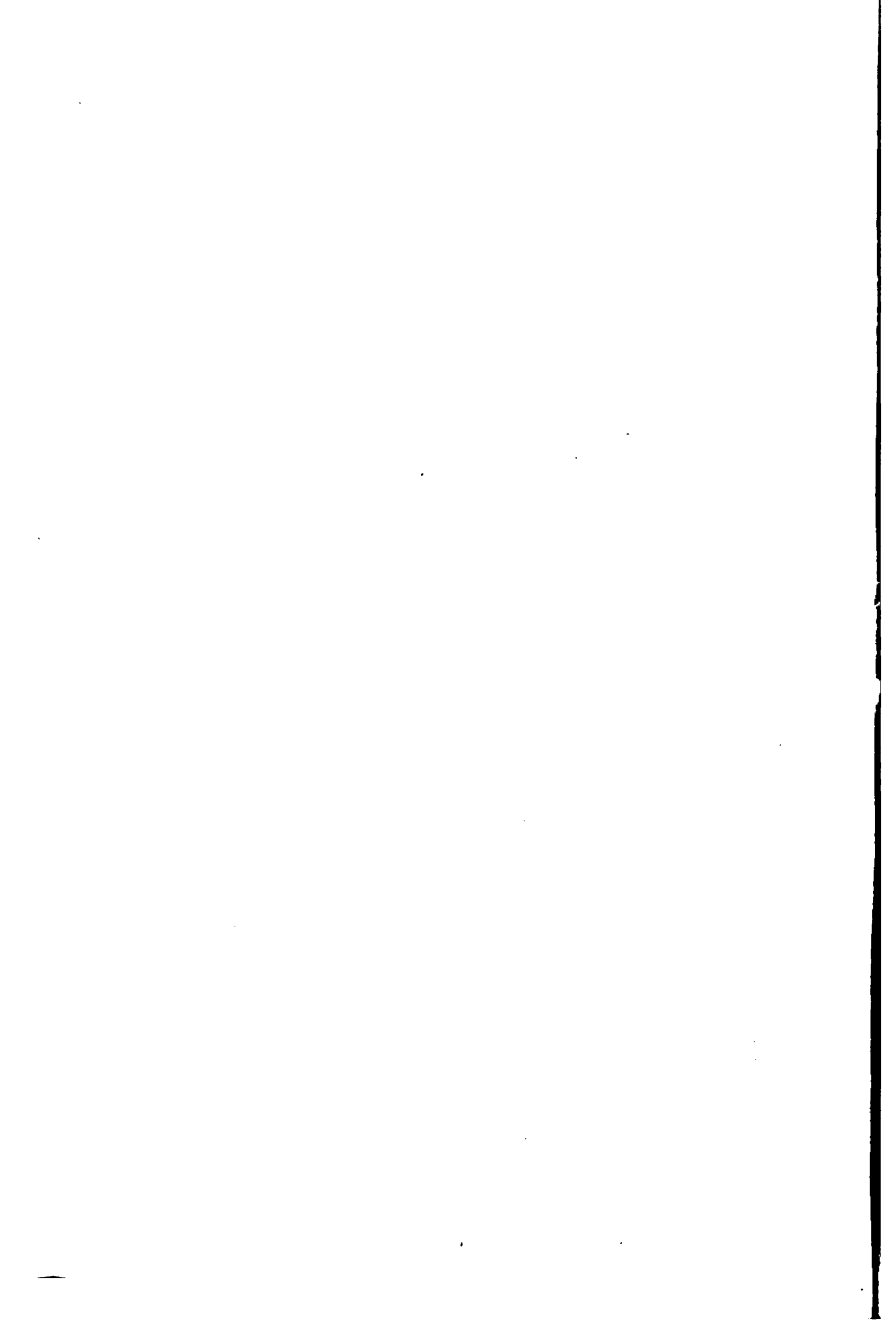
Mit 40 Figuren im Text



Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1907

Meinem Vater

gewidmet



# Vorwort.

Was Leben eigentlich ist, weiß augenblicklich niemand und wird, wie ich glaube, auch in Zukunft niemand wissen. Unseren Sinnen erreichbar ist nur die Vielgestaltigkeit und Buntheit der Erscheinungen und Formen, in denen sich das organische Leben in unerschöpflicher Kraft fort und fort betätigt. Verwandt untereinander im Darwinschen Sinne, entsprossen dem Schoß der Allmutter Erde und mit ihr durch tausendfache Beziehungen innigst verbunden, stellen die Geschöpfe ein großes gewaltiges Ganzes dar, das Leben. Ob es sich als Bakterium im Wassertropfen regt, ob es unscheinbar schafft in der stillen Pflanze oder ob es, uns am besten vertraut, unser eigenstes Sein ausmacht, es ist immer ein und dasselbe.

In diesem Sinne eine Totalansicht der organischen Natur zu eröffnen, war die leitende Idee der folgenden Zeilen, die naturgemäß nur die Konturen des großen Gemäldes geben wollen. Vermieden habe ich es, das Bild in jener sensationellen, effektvollen Beleuchtung zu zeigen, die manche populär-naturwissenschaftlichen Schriftsteller lieben. Die Natur ist nie sensationell.

Die Abbildungen, für welche keine Quelle angegeben ist, sind neu entworfen oder durch Änderungen bewährter Originale entstanden.

Die Anregung zu dieser zusammenfassenden Darstellung gab mir eine Reihe von Vorträgen, die ich im Winter 1904/05 in dem unter Leitung der Frau Dr. Henriette Goldschmidt stehenden „Lyceum für Damen“ zu Leipzig gehalten habe.

Leipzig, Neujahr 1906.

Hugo Miehe.

# Inhalt.



# 1. Kapitel.

## Mechanismus und Vitalismus. Was ist Leben? Teleologie. Nachahmung lebendiger Vorgänge. Was ist lebendig am Organismus?

Ein Teil der Stoffe und Kräfte auf unserem Erdball befindet sich in einer solchen eigenartigen Anordnung, daß ganz besondere Formen und Wirkungen zutage treten, die sich scharf von den übrigen Formen und Geschehnissen in der Natur herausheben. Myriaden solcher in in sich abgeschlossener Systeme, nach einer bunten Mannigfaltigkeit von Typen gebaut und doch im Wesen übereinstimmend, sind über die Erde ausgebreitet.

Das ist die Welt der Lebewesen, des Organischen, welche der toten Natur, der Welt des Anorganischen, gegenübersteht. Fortdauernd Kräfte und Stoffe aus der Welt des Leblosen in sich hineinziehend, selbst nur aus ihren Elementen sich aufbauend, überspinnt diese Substanz in Tausenden von Formen und Millionen von Einzelwesen die Erde. Fortdauernd fallen einzelne ihrer Glieder leblos in den Schoß der Erde zurück, dem sie entsproßten, doch fortdauernd lösen sich vorher kleinste Mengen ihrer Substanz los, begabt mit demselben spezifischen Form- und Kraftbestreben, ziehen wieder Stoffe und Kräfte aus der Umgebung heran, bis auch sie den ihnen zugemessenen Zyklus durchlaufen haben und in den Staub zurücksinken. So erhält sich diese Lebewelt, genährt und getragen von der Mutter Erde, sterblich und doch stets sich verjüngend. „Ein Ew'ges regt sich fort in allen —."

Welcher Natur dieses Ewige, das Leben, ist, darüber hat man sich bald weniger, bald mehr bewußt seit den ältesten Zeiten Vorstellungen gemacht. Im Prinzip gibt es zwei Möglichkeiten, das Wesen der lebendigen Vorgänge aufzufassen. Die eine ist durch die Ansicht gegeben, daß in den Lebewesen keine anderen Kräfte und Stoffe vorhanden sind, als in der leblosen Natur.

Sie finden sich nur in ganz eigenartigen Kombinationen von großer Kompliziertheit zusammen, durch welche die von den übrigen Naturereignissen so weit abweichenden Lebenserscheinungen bedingt sind. Würde man dieses Spiel der stofflichen und dynamischen Veränderungen genau kennen, so würde man auch das Leben restlos begreifen können. Obzwar nun zurzeit noch die Unmöglichkeit besteht, die Lebensvorgänge ganz nach den Gesetzen der anorganischen Natur zu erklären, so muß doch die Forderung erhoben werden, nach diesem Gesichtspunkt in die Lebensprobleme einzudringen und die Lebens- oder physiologischen Vorgänge als das Resultat der Bewegungsvorgänge körperlicher Massen aufzufassen.

Diese Ansicht wird als Mechanismus bezeichnet, weil sie den Organismus als Maschine, freilich unendlich komplizierten Baus, behandelt. Der Mechanismus führt vor allem die Tatsache ins Feld, daß der Körper der Lebewesen nicht ein einziges Element enthält, das nicht auch in der anorganischen Natur vorkäme. Die Elementaranalyse eines Frosches zum Beispiel würde eine bestimmte Zahl von Elementen in ihm nachweisen, die auch sonst auf der Erde vorkommen, aber ein spezifischer Lebensstoff würde sich nicht finden. Allerdings sind diese Elemente zu eigenartigen, sonst nicht auftretenden Verbindungen vereinigt; doch ist es für eine ganze Anzahl organischer Verbindungen gelungen, sie im Laboratorium zusammenzusetzen. Für die wichtigsten freilich, die Eiweißstoffe, ist dies bislang noch nicht geglückt.

Dieser Art, das Leben wissenschaftlich zu erfassen, steht die andere gegenüber, der Vitalismus. Er nimmt eine Eigengesetzlichkeit, eine Autonomie der Lebensprozesse an, die in der toten Natur nicht gilt. Er leugnet die Möglichkeit prinzipiell, Bau und Leben der Organismen je als spezifische Komplikation chemischer und physikalischer Vorgänge zu begreifen. Zwar setzen die Organismen nur Stoffe zusammen, die auch in der toten Natur vorkommen, doch treten zu ihnen noch spezifisch vitale d. h. Lebensfaktoren hinzu, zwecksetzende, finale Kräfte, Leitkräfte höherer Ordnung, die in der Geschichte der Wissenschaften von Aristoteles bis auf Reinke die mannigfachsten Namen erhalten haben, ohne daß im letzten Grunde etwas Verschiedenes damit ausgedrückt gewesen wäre. Es ist immer dieselbe Anschauung: besondere Kräfte, die bald mehr bald weniger intelligent, menschlich-vernünftig vorgestellt werden, leiten die spezifische Verbindungsweise der Elemente und lenken

die aus ihnen resultierenden Kräfte in bestimmte Richtungen. Auch dem Vitalismus ist der Organismus eine Maschine, aber eine solche plus der Intelligenz des Erbauers, die „in, mit und unter" dem mechanischen System gegeben ist.

Unzweifelhaft steckt in dem Vitalismus ein starkes metaphysisches d. h. über die Grenzen unserer Erkenntnis hinausgehendes Element und er, nicht der Mechanismus, ist der Überanspruchsvolle, der versucht, mehr in der lebendigen Natur erklären zu wollen, als man den Naturwissenschaften und den Kräften unseres Erkennungsvermögens billigerweise zumuten kann. Die Schwierigkeit bei der Analyse von Lebenserscheinungen ist durch die eigenartige Stellung gegeben, die der Mensch zur Lebewelt einnimmt. Er erkennt sich objektiv als einen Teil derselben, ihr ähnlich bis ins kleinste, erlebt aber subjektiv in seinem Selbstbewußtsein noch eine andere Seite organischer Geschehnisse, die sich dann unvermeidlich mit der rein objektiven Naturbetrachtung verquickt. Er sucht Zwecke hinter den organischen Vorgängen, wie er selbst nach Zwecken handelt. Solange aber die Entstehung unseres Bewußtseins und der Zusammenhang von psychischem und physischem Leben nicht bekannt ist, würde es übereilt und fruchtlos sein, mit der Projektion dieser verzwickten Sachlage in die organische Natur hinein irgend etwas ausrichten zu wollen. Es wird eben oft verkannt, daß der Kern des Vitalismus auf rein philosophischem d. h. auf erkenntniskritischem Gebiete liegt.

Doch wollen wir unsere Fragen auf dieses dunkelste Gebiet nicht verfolgen. Vom rein methodischen Standpunkte aus gebührt dem Mechanismus der Vorzug vor dem Vitalismus, da er in vorsichtig-verständigem Zusammenhange mit unseren Kenntnissen von der Natur überhaupt bleibt und die Lebensvorgänge, solange er sie objektiv, forschend betrachtet, als Wirkungen allgemein gültiger Naturgesetze auffaßt.

Deshalb ist der Mechanismus der Wissenschaft nicht gleichbedeutend mit dem Materialismus der Philosophie. Letzterer ist dadurch eine metaphysische Hypothese, daß er annimmt, daß die Atome und ihre Bewegungen das allein Wirkliche sind, ersterer vermeidet gerade jegliche Metaphysik, beschränkt sich mit vollem Bewußtsein der Grenzen der Erkenntnis auf das Erkennbare und „verehrt ruhig das Unerkennbare", ohne zu leugnen, daß es ein solches gibt.

Wenn wir die Frage aufwerfen, was das Charakteristische der Erscheinungen ist, die uns die Lebewesen zeigen, mit anderen

Worten, wenn wir definieren wollen, was eigentlich Leben ist, so befinden wir uns in Verlegenheit. Es gibt keine strenge Definition, die allen Eigentümlichkeiten des Lebens gerecht würde und ähnliche Vorgänge in der anorganischen Natur, besonders solche in den künstlichen von Menschenhand geschaffenen Maschinen ausschlösse. Am besten trifft die von Spencer vorgeschlagene Definition das Wesen der Lebenserscheinungen: Leben ist die fortwährende Anpassung innerer Beziehungen an äußere. In der Tat bringt diese Definition die hervorstechendste Eigentümlichkeit der Lebewesen zum Ausdruck, nämlich das fortwährende Sicheinstellen auf neue Bedingungen der Umgebung. Nicht der Spielball äußerer Einflüsse, wie die Gegenstände der unbelebten Natur, ist das Lebewesen, sondern selbständig wählt es, begegnet den äußeren Einflüssen, paßt sich ihnen an. Ein Pfahl, der in der Erde steckt, ist willenlos der Ausdörrung durch die Sonne, der Durchweichung durch die Nässe, mechanischen Schnitten, Rissen ausgesetzt, die Lichtrichtung der Sonnenstrahlen ist ihm gleichgültig; weht ihn der Wind schief, so bleibt er so stehen. Ein Sonnenrosenstamm daneben reguliert unter der Wirkung der sengenden Strahlen seine Wasserverdunstung selbsttätig auf ein Minimum, verschließt eine etwaige Wunde durch ein Schutzgewebe, krümmt sich, falls er im Schatten anderer Pflanzen steht, hervor dem Lichte zu und richtet seinen Gipfel durch Krümmung wieder auf, falls ihn ein Sturm umgeknickt hat.

Diese fortwährende Anpassung der eigenen Zustände an äußere wird auch als Selbststeuerung, Selbstregulation bezeichnet. Stets strebt das Lebewesen einen Normalzustand oder eine normale Reihe von Zuständen wiederherzustellen, falls sie gestört sind. Diese Beziehung auf die eigene Erhaltung, die die Reaktionen der Lebewesen auf ihre Umgebung auszeichnet, kann man auch dadurch ausdrücken, daß man sagt: das Lebewesen arbeitet nach Zwecken, reagiert zweckmäßig. Die Forschungsmethode, die darauf ausgeht, nach diesen Zwecken in der Natur zu suchen, bezeichnet man als Teleologie oder als finale Naturbetrachtung. Wenn wir auf das Beispiel der Sonnenrosen zurückgreifen, so würde man von teleologischem Standpunkte sagen: Die Krümmung der Sonnenrose nach dem Lichte hat den Zweck, das (für die Pflanze so wichtige) Licht auszunutzen. Diese Betrachtungsweise ist, obwohl sie sich nicht der Gunst der exakten Physiologen erfreut, an sich ganz berechtigt, solange man sich des prinzipiell anderen Standpunktes

bewußt bleibt. Die finale betrachtet die Vorgänge vom Standpunkt des betreffenden Lebewesens aus und ist befriedigt, wenn eine Beziehung dieser Vorgänge zu der Erhaltung des Lebewesens analogisch erschlossen ist, die kausale hingegen möchte möglichst vollständig die Vorgänge selbst in eine Kette von Ursachen und Wirkungen nach Maßgabe allgemeinster Gesetze auflösen. Unmöglich jedoch scheint es uns, beide Betrachtungsweisen zu verquicken und die Zwecke als wirkende Kräfte in die Kette von Ursachen und Wirkungen einzufügen, weil dann der prinzipiell verschiedene Standpunkt vergessen ist.

Die kausale Physiologie ist freilich noch gar weit von dem Ziele entfernt, irgendeinen der Lebensvorgänge ganz als geschlossene Kausalkette begreifen zu können, sie muß sich oft mit dem Anfangsglied, der äußeren Einwirkung, und dem Endglied, der Gegenwirkung des Organismus, begnügen und kann sich glücklich schätzen, wenn noch einige Zwischenglieder aufgedeckt sind. Das scheitert vor allem daran, daß die lebende Substanz uns ein vollkommenes X bleibt, und in ihr entscheidet sich gerade das Wichtigste. Es ist auch nie gelungen, künstlich eine Substanz herzustellen, die mehr als eine bloße Ähnlichkeit mit der lebendigen gezeigt hätte, wenngleich dies Problem nicht zu den prinzipiell unmöglichen gehört. Kristalle zeigen in ihrer allmählichen Ausbildung einer gesetzmäßigen Form eine gewisse Ähnlichkeit mit der Entwicklung von Lebewesen. Ein Tropfen Leim, den man in eine Gerbsäurelösung bringt, umgibt sich mit einer Membran aus gerbsaurem Leim und zeigt ein Wachstum, das an dasjenige von pflanzlichen behäuteten Zellen erinnert. Wie eine Amöbe (siehe Seite 10) kriecht ein Öltropfen in Kalilauge umher; ein Tropfen Quecksilber in einer flachen Schale mit Salpetersäure stürzt gierig auf ein Stück Kaliumbichromat zu, umkreist und umklammert es. Doch stets sind die Erscheinungen unendlich viel einfacher als die ähnlichen bei Lebewesen, ermangeln vor allem der selbstregulatorischen Abänderbarkeit. Auch die komplizierteste Maschine, so sehr sie in bezug auf ihre Wirkungsweise dem Organismus ähnelt und so anschaulich es auch ist, sie mit ihm zu vergleichen, unterscheidet sich doch sofort dadurch von ihm, daß sie sich nicht von selbst aufbauen kann.

Nicht alles, was ein Lebewesen zusammensetzt, ist lebendig. Die Hauptmasse eines Baumes besteht z. B. aus einer zwar durch Lebensprozesse erzeugten, aber toten Masse, dem Holz; am mensch-

lichen Körper sind die Knochen, Nägel, Haare leblose Stoffe, ebenso wie die Skelettnadeln in der Leibessubstanz eines Badeschwammes. Ein großer Teil der Leiber von Tieren und Pflanzen besteht aus Wasser, welches alles durchtränkt und in dem mannigfache Stoffe gelöst sind, die mit dem Leben direkt nichts zu tun haben. Ölige, fettige Substanzen, Stärke, Zucker usw. treten außerdem oft in großer Menge auf, ohne daß sie etwa lebten.

Es fragt sich: welches ist nun eigentlich der spezifische Lebensträger, die Substanz, die wir als lebendig betrachten müssen? Das ist das Protoplasma.

---

# 2. Kapitel.

## Das Protoplasma, seine chemische Zusammensetzung und Struktur.

Auf zusammengehäuften Blättern und Pflanzenresten, besonders auf Haufen von Gerberlohe, quellen oft rahmartige gelbliche Massen hervor, die auch das Innere der Haufen in Form von netzartigen Strängen durchziehen. Dies ist ein Lebewesen einfachster Art, die sogenannte Lohblüte (Aethalium septicum). Gestaltlos fließend, kriecht es in den Lohhaufen umher und kommt gelegentlich an seine Oberfläche. Fig. 1 zeigt ein stärker vergrößertes Stück eines mit jener Lohblüte verwandten Schleimpilzes. Nimmt man ein Stück davon, so hält man lebendes Protoplasma in Händen, welches verhältnismäßig wenig Beimengungen lebloser Stoffe enthält. Es ist eine schleimige Masse, die zu 70% aus Wasser besteht. Eine ähnliche schleimige Masse würden wir erhalten, wenn wir die jüngsten Spitzen wachsender Pflanzenstengel scharf auspressen würden. Nun stehen allerdings, wie oben schon erwähnt, nicht alle die organischen Verbindungen, die eine qualitative Analyse in diesen Massen nachweist, mit dem Leben in gleich engem Zusammenhang. Ein Teil stellt Umwandlungen dar, die von der eigentlichen Lebenssubstanz gebildet sind, ein anderer Reservestoffe, die sie zu ihrer Ernährung und zu ihren Leistungen gebraucht.

Erst den Rest hätten wir als das eigentlich Lebendige anzusprechen, und diese Substanz ist, einerlei, aus welchen Lebewesen

wir sie gewinnen, aus eigenartigen chemischen Verbindungen aufgebaut, die mit dem Weiß des Hühnereies verwandt sind und allgemein als Eiweißstoffe bezeichnet werden. Es gibt deren eine große Menge verschiedener Arten, die auch sicher nicht in allen Organismen gleich sind. Ihre chemische Struktur, das wichtigste und schwierigste Problem der physiologischen Chemie, ist unbekannt und muß unbekannt bleiben, da es die chemischen Untersuchungsmethoden höchstens erlauben, die Struktur toten Eiweißes zu ergründen. Genauer bekannt sind die Elemente, die die Eiweißstoffe zusammensetzen. Sie enthalten neben dem Kohlenstoff (C), dem wichtigsten Grundelement aller organischen Verbindungen, und neben dem Sauerstoff (O) und Wasserstoff (H) stets in größeren Mengen (bis 16 %) Stickstoff (N), außerdem meist noch Phosphor (P) und Schwefel (S). Diese Elemente, deren wechselnde Mengen die verschiedene Natur der zahlreichen Eiweißstoffe bedingen, sind zu Molekülen von außerordentlicher Größe und höchst komplizierter Struktur vereinigt. Man schätzt, daß 1000 und mehr Atome ein solches Riesenmolekül aufbauen. Man nimmt in ihm kleinere und größere Atomgruppen an, die auf das mannigfaltigste miteinander verkettet sein können. Wir sind weit entfernt, einen ungefähren Einblick in diese Struktur zu gewinnen, wenngleich uns einige dieser Komplexe bekannt sind, die es wahrscheinlich aufbauen. Und selbst wenn wir die Struktur von einem Eiweißkörper chemisch erfaßt hätten, würden wir, wie schon betont, doch nur totes Eiweiß kennen gelernt haben. Lebendes und totes Eiweiß unterscheiden sich aber fundamental durch ihre Struktur. Wenn man ein Stückchen des obengenannten Schleimwesens oder etwa ein Hühnerei auf ca. 60° erwärmt, so verschwindet kein Atom, aber ihre lebendige Anordnung ist rettungslos vernichtet. Das Eiweiß ist tot.

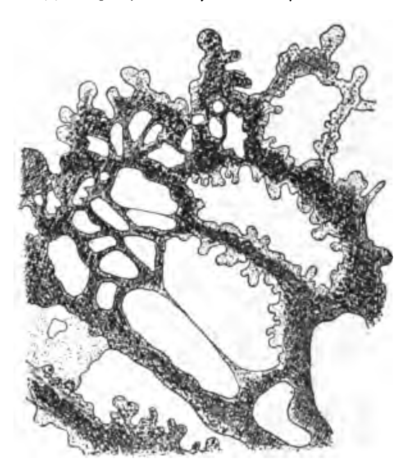


Fig. 1. Stück von einem Schleimpilz, auf einer Unterlage kriechend, 100fach vergrößert. (Nach Cienkowski.)

Das lebendige Eiweißmolekül haben wir uns als sehr veränderliches Gebilde vorzustellen. Fortdauernd finden Umlagerungen der Atome, Anlagerungen neuer Gruppen, Verschiebungen ihres Zusammenhangs, Abstoßung von Bestandteilen statt. Alles das macht ja das Leben aus. Dabei bleibt es aber als Ganzes bestehen gleich einem Regenbogen auf der wechselnden Wolke oder einer Flamme, deren Form trotz des steten Wechsels der verbrennenden Teilchen doch dieselbe bleibt. Das allein Wichtige sind die Eiweißkörper jedoch wahrscheinlich nicht. Das Leben resultiert vielmehr aus dem Zusammenwirken aller der verschiedenen Stoffe, die im Plasma enthalten sind. Eine Gruppe scheint sogar eine ganz besondere Bedeutung zu besitzen, trotzdem nicht von allen Gliedern derselben sicher steht, daß sie Eiweißcharakter tragen; das ist die Gruppe der Fermente. Die Besprechung der Alkoholgärung wird uns Gelegenheit geben, genauer auf diese wichtige Gruppe von Stoffen einzugehen. Hier sei nur so viel bemerkt, daß sie, wie man gesagt hat, das „chemische Handwerkszeug des Plasmas" darstellen, mittels dessen spezifische im Organismus verlaufende chemische Umsetzungen bewirkt werden.

Kehren wir zum Protoplasma zurück. Es ist nach dem Mitgeteilten keine einheitliche Substanz, kein chemisches Individuum, sondern ein wasserdurchtränktes Gemenge verschiedener organischer Verbindungen, unter denen die Protein- oder Eiweißstoffe die wichtigsten sind. Es besitzt eine besondere, freilich selbst mikroskopisch nicht wahrnehmbare Struktur.

Unsere Definition vom Leben ließe sich also auch so ausdrücken, daß wir einfach sagen: Leben ist die Summe der Veränderungen, die im Protoplasma verlaufen. Damit ist allerdings im ganzen nicht viel mehr wie eine Umschreibung gegeben.

Wir können nun noch einen Schritt weiter tun und eine Eigentümlichkeit angeben, die allen Lebewesen gemeinsam ist. Das Protoplasma setzt sie nicht in kompakter Masse zusammen, sondern in der Form kleinster, abgeschlossener Systeme, die die letzten Lebenseinheiten, die letzten lebendigen Elemente bilden, und die man als Zellen bezeichnet.

---

# 3. Kapitel.

## Die Zelle. Ihr Bau und ihr Leben. Plasmaströmung. Zellteilung.

Im Jahre 1667 bildete der englische Gelehrte Robert Hooke in seiner Micrographia neben riesenhaften Mücken, Flöhen, Zeugstückchen auch ein dünnes Scheibchen Kork ab und widmete seiner Beschreibung ein besonderes Kapitel. Seinem bewaffneten Auge zeigte sich der Kork als bienenwabenähnliches Gewebe, aus einer Menge kleinster Kämmerchen bestehend. Er bezeichnete diese als „cells“ und wurde damit zu dem Schöpfer des Namens „Zelle“. Allerdings hatte Hooke nur die Kammern gesehen, in denen, wie die Schnecke in ihrem Haus, das sitzt, was wir jetzt als Zelle bezeichnen. In dem Korke freilich würden wir nichts mehr davon antreffen. Er ist tot, die Gehäuse sind leer. Schneiden wir aber etwa aus einem Apfel mit einem recht scharfen Messer ein äußerst dünnes Scheibchen und vergrößern dies, so finden wir, daß jedes der zahllosen kleinsten Kämmerchen von einem zarten schleimigen Bläschen ausgefüllt ist. Dies ist der Hausbesitzer, dies ist die Zelle im modernen Sinne. Sie hat sich die Kammer selbst gebaut als schützende Hülle. Doch ist sie nicht überall vorhanden. Z. B. liegen im tierischen Körper die Zellen als nackte Plasmaklümpchen nebeneinander. Sämtlichen Pflanzenzellen hingegen kommt eine Zellmembran zu.

Diese kleinen plasmatischen Systeme sind verhältnismäßig selbständige Gebilde, kleinste Lebenseinheiten mit abgeschlossener Organisation. Es ergibt sich daraus die Merkwürdigkeit, daß ein Lebewesen eigentlich gar kein Individuum ist, sondern einen großen Haufen von kleinsten Unterindividuen darstellt. Die Gesamtleistungen des Organismus sind nur das Ergebnis der einheitlich zusammenwirkenden Einzelleistungen der Zellen. So gelangen wir zu der Vorstellung, daß die Zelle ein Elementarorganismus ist.

In der Tat ist jede Zelle ein Organismus für sich, eine Welt im kleinen, ein Mikrokosmos. Die einfachsten Lebewesen bestehen überhaupt nur aus einer einzigen Zelle, in der sich dann sämtliche Lebensprozesse abspielen. Verweilen wir bei diesen „Einzelligen“ einen Augenblick, um den Begriff der Zelle zu beleben!

In einem Tropfen Grabenwasser, den wir bei starker Vergrößerung betrachten, ergötzt uns ein buntes Gewirr von recht verschiedenartigen Lebewesen. Eins fällt uns besonders auf: ein kleines, nacktes, helles Klümpchen Schleim, das auf der festen Unterlage herumkriecht. Im Innern ist es sehr feinkörnig trübe, an der Oberfläche von einer durchsichtigen, hellen Zone umgrenzt. Es ist in fortwährender Veränderung begriffen. Unregelmäßige Vorsprünge und Lappen bilden sich an seiner Peripherie, die Masse des übrigen Leibes strömt nach und so rutscht das gestaltlose Wesen, die Amöbe (siehe Fig. 2), weiter. In dem Innern ist ein kleines, stark lichtbrechendes Bläschen (Fig. 2, *n*) zu sehen, der sogenannte Zellkern, ein Organ, das mit verschwindenden Ausnahmen sämtlichen Zellen zukommt. Zellplasma und Zellkern bilden also zusammen das Protoplasma dieses einzelligen Lebewesens.



Fig. 2. Eine Amöbe, in zwei Stadien der Kriechbewegung, stark vergrößert. *n* Zellkern, *p* Zellplasma. (Nach Verworn.)

Jetzt stößt unsere Amöbe auf ein anderes niederes Lebewesen, eine kleine Diatomee, eine Kieselalge. Sie umfließt sie, nimmt sie in das Innere ihres Plasmas auf. Die Diatomee wird blasser und blasser. Die Amöbe verdaut sie. Schließlich wird die Schale und der unverdauliche Rest ausgestoßen. So frißt die Amöbe weiter und wird größer. Nach einiger Zeit zeigt sich an ihr eine seichte Furche, die immer tiefer einschneidet, bis sie schließlich die Amöbe ganz durchschnürt hat. Es sind jetzt zwei da. Die Amöbe hat sich vermehrt. Geatmet, d. h. Sauerstoff aufgenommen hat sie fortwährend; denn wenn wir den Sauerstoff durch dichten Abschluß des Wassertropfens gegen die Luft fernhalten, so hört bald die Bewegung auf und schließlich erstickt die Amöbe.

Bewegung, Ernährung, Verdauung, Exkretion, Vermehrung, Atmung, d. h. alle Lebenserscheinungen in dieser Zelle vereinigt!

So verschiedenartig auch an Form und Größe die Zellen sein mögen, die die höheren Lebewesen zusammensetzen, die eigentlich lebende Substanz ist stets ganz ähnlich wie bei der Amöbe. Ja es kommen zum Beispiel in unserem eigenen Körper Zellen

vor, die den Amöben sehr ähnlich sehen. Das sind die Wanderzellen oder weißen Blutkörperchen in unserem Blut. (Siehe auch Seite 55).

Vergrößern wir einmal einen zarten Schnitt durch die äußerste Spitze einer jungen Keimwurzel (siehe Fig. 3). Das Gewebe besteht aus einer Unzahl kleinster Kämmerchen, deren Wände aus Zellulose, einer stickstoffreien, der Stärke ähnlichen Substanz gebildet sind. In dem Inneren der Kammern bemerkt man eine feinkörnige, grauliche Masse, das Protoplasma, und in ihr einen deutlich umschriebenen runden Körper, den Zellkern, das kon-

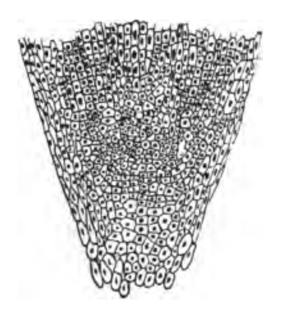


Fig. 3. Längsschnitt durch die Spitze einer Hyazinthenwurzel, 80 fach vergrößert. Die Punkte in den Zellen sind die Zellkerne.

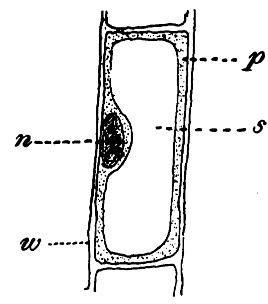



Fig. 4. Eine ältere pflanzliche Zelle, in dem sich ein Saftraum entwickelt hat. *n* Zellkern; *p* Zellplasma; *w* Zellwand; *s* Zellsaft.

stante Zentralorgan der Zelle. Etwas entfernter von dem Scheitel der Wurzel sehen die Zellen etwas anders aus (Fig. 4). Im Innern des Plasmas hat sich ein großer Saftraum (*s*) gebildet, der das Plasma (*p*) in dünner Schicht an die Zellmembran (*w*) gepreßt hat. Eine solche typische pflanzliche Zelle stellt also ein kleines Bläschen dar, dessen Wandung von Plasma gebildet und das mit Zellsaft angefüllt ist. Das Ganze ist dann fest in die Zellulosekammer eingepreßt.

Ein ähnliches Bild bietet sich dem Auge, wenn man etwa pflanzliche Haare, z. B. die Haare, welche an allen Teilen der Springgurke (Momordica elaterium) sich befinden, betrachtet. Sie bestehen aus einer Reihe von Zellkammern, in denen wieder die lebenden Zellblasen oder, wie man auch sagt, die Protoplasten liegen. Der Zellsaftraum ist hier von plasmatischen Strängen und Fäden hinüber und herüber durchsetzt (vergl. Fig. 5). In diesen Zellen zeigt sich etwas, das uns unmittelbar vor Augen führt, daß wir

ein lebendiges Gebilde vor uns haben. Das gesamte Plasma ist in Bewegung begriffen. Die Bänder und Fäden entlang, an den Wänden hinauf und herab, überall schiebt sich's, fließt und gleitet es. Dabei verändert sich die Form und Lage der ausgespannten Plasmabänder langsam. Der Zellkern wird oft mitgeschleppt von dem strömenden Plasma, in das er eingebettet ist. Ein höchst fesselndes Schauspiel; man glaubt, direkt in die Werkstatt des Lebens hineinzuschauen.

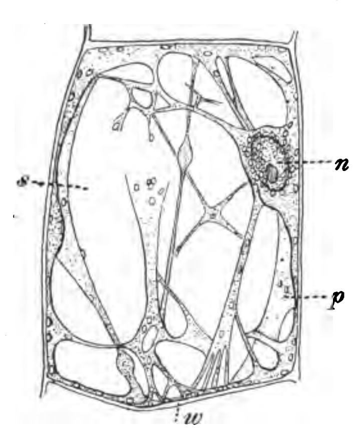



Fig. 5. Eine Haarzelle von der Springgurke (Momordica elaterium). Der Zellsaftraum ist von einem Netz von Plasmafäden u. -bändern durchzogen, in denen sich das von kleineren und größeren Körnchen durchsetzte Plasma in steter Bewegung befindet. *n* Zellkern; *p* Zellplasma; *w* Zellwand; *s* Zellsaft.

In der Wurzelspitze, in jungen Haaren, kurz überall, wo Wachstums- und Entwicklungsprozesse in jugendlichen Geweben vor sich gehen, spielt sich ein höchst wichtiger Vorgang in den Zellen ab, nämlich die Zellvermehrung. Die Zellen müssen sich vermehren, ihre Zahl muß zunehmen, wenn die Organismen aus kleinsten Anfängen heraus wachsen; und auch im fertigen Organismus ist fortwährende Zellvermehrung zum Ersatz der absterbenden Teile eine Notwendigkeit. Die Zellen vermehren sich nun durch Teilung. Bei den einzelligen Lebewesen ist mit der Teilung gleichzeitig eine Vermehrung der Individuen, d. h. eine Fortpflanzung gegeben. Wir wollen deshalb die Zellteilung dieser Lebewesen erst bei späterer Gelegenheit besprechen und hier uns zunächst mit jugendlichen Geweben höherer Organismen befassen.

Im Leben ist im allgemeinen wenig Genaues von dem Vorgang der Zellteilung zu beobachten. Eine höchst sinnreiche, neuerdings zu einem hohen Grad von Vollendung entwickelte Methodik hat uns in den Stand gesetzt, ihn bis in alle Einzelheiten hinein zu verfolgen.

Eine junge Wurzelspitze z. B. wird auf folgende Weise zur mikroskopischen Beobachtung vorbereitet. Sie wird zuerst schnell durch starke Gifte (Alkohol, Sublimat, Osmiumsäure usw.) ab-

getötet, dann mit Alkohol gehärtet und mit flüssigem Paraffin durchtränkt, natürlich bei höherer Temperatur (50—60°). Wenn das Paraffin gut in das Gewebe eingedrungen ist, läßt man es erst erstarren und schneidet nun um die Wurzelspitze einen kleinen Würfel heraus, in welchem sie, wie eine Mücke im Bernstein, sitzt. Mit einem außerordentlich feinen Schneideapparat (einem sogenannten Mikrotom) zerlegt man dann diesen Würfel und damit auch die in ihm steckende Wurzelspitze in sehr dünne Schnitte (0.005—0.01 mm). Nachdem aus letzteren das lästige Paraffin wieder herausgelöst ist, werden sie mit verschiedenen Farblösungen behandelt, um die einzelnen Zellbestandteile deutlich hervortreten zu lassen. Einen solchen außerordentlich dünnen gefärbten Schnitt stellt die Figur 3 bei schwächerer Vergrößerung dar. Eine kleine Partie ist stärker vergrößert und in Fig. 6 abgebildet worden. Sie zeigt uns nebeneinander Zellen in verschieden weit vorgeschrittener Zellteilung begriffen.

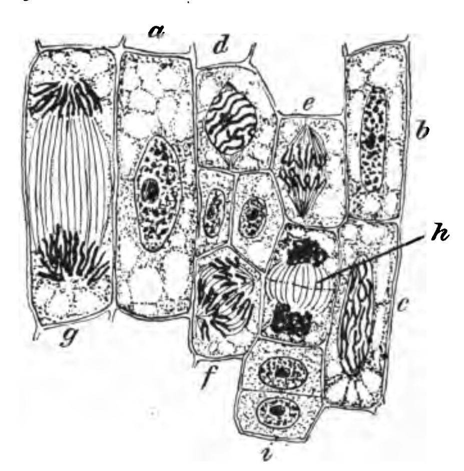


Fig. 6. Ein Stück aus dem Gewebe einer Hyazinthenwurzel mit Zellen in verschiedenen Stadien der Zellteilung, 480 fach vergrößert. Erklärung der Buchstaben im Text.

Besonders auffällig verändert sich der Zellkern bei ihr. In Zellen, die sich nicht teilen (z. B. *a* in Fig. 6), ist er feinkörnig. Langsam wird er dann grobkörnig (*b*) und schließlich vereinigen sich diese Körner zu einem langen Faden, der in schwer verfolgbaren Windungen den Zellkernraum durchzieht (*c*, *d*). Jetzt zerfällt er in einzelne Stücke gleicher Länge, die man als Chromosomen bezeichnet, und gleichzeitig verschwindet die Wand des Kernbläschens, so daß der Chromosomenhaufen frei im Plasma liegt. Jedes Chromosom spaltet sich dann der Länge nach in zwei. Inzwischen hat sich oben und unten in der Zelle ein Pol ausgebildet, von welchem ein zartes Büschel feinster Fäden auf die Chromosomen zustrahlt und mit ihnen in Verbindung tritt. Sie

erfassen die Hälften der Chromosomen, und führen sie auseinander den Polen zu. Den Beginn dieses Auseinanderziehens zeigt *e*, bei *f* sind die Chromosomenhälften schon weiter voneinander gerückt, bei *g* sind sie an den Polen angelangt. Hier vereinigen sich die Fadenstücke wieder zu einem Knäuel, wie dies *h* zeigt, während sich gleichzeitig in der Mitte eine Scheidewand anlegt, und zwar im Anschluß an die Reste des Strahlenbüschel (*h*). Aus den Knäueln entstehen dann allmählich wieder die feinkörnigen Kernbläschen, zwischen ihnen ist eine neue Membran ausgespannt, die natürlich auch das Zellplasma geteilt hat. Bei *i* würde der Prozeß der Zellteilung eben beendet sein.

Nach diesem Schema, nur mit geringen Abweichungen, verläuft bei allen Zellen, mögen sie Tieren oder Pflanzen angehören, der Prozeß der Zellteilung, so daß wir hier wiederum eine schöne, das gesamte Reich der Lebewelt durchdringende Gesetzmäßigkeit konstatieren können.

Eins ist höchst merkwürdig bei diesem Vorgang und gewiß nicht ohne tiefere Bedeutung. Das ist die auffallende Rolle, die der Zellkern dabei spielt. Welche komplizierten Veränderungen in ihm! Welche umständliche, peinlich genaue Halbierung seiner Masse! Dazu kommt, daß die Zahl der Chromosomen, also der Kernelemente, die sich bei der Teilung scharf hervorheben, konstant ist, alle die Teilungen im Organismus hindurch. Die Zahl der Chromosomen ist konstant für jede Organismenart und wird durch die Spaltung von Kernteilung zu Kernteilung im ganzen Verlauf der Entwicklung erhalten. Gewiß eine merkwürdige Tatsache, doch was hat sie zu bedeuten? Eine Menge Spekulationen knüpfen sich an dies unscheinbare Bläschen in den Zellen, den Zellkern, und an seine individualisierten letzten Einheiten, die Chromosomen. Im Zusammenhang mit Vorgängen, die uns erst bei der Befruchtung beschäftigen mögen, hat man die Ansicht ausgesprochen, daß im Zellkern das enthalten sei, was der Organismenart ihre Eigentümlichkeiten gibt, das Erbteil, das es bewirkt, daß aus dem Keim einer Eiche immer wieder genau eine Eiche und aus dem Keim eines Menschen immer wieder ein Mensch hervorgeht. Von Teilung zu Teilung wird diese Erbmasse weitergegeben, genau halbiert, damit nichts verloren geht. Der Kern ist ihr Behältnis, er ist der Träger der erblichen Eigenschaften.

Doch wir werden erst später mit deutlicherem Bewußtsein diese Fragen wieder aufnehmen können.

---

## 4. Kapitel.

## Entstehung von Geweben. Der Organismus ein Zellenstaat. Unterschied zwischen Pflanzen und Tieren.

Jedes Lebewesen beginnt seinen Entwicklungsgang mit einer einzigen Zelle, falls es nicht, wie bei den einzelligen, zeitlebens aus einer solchen besteht. Durch fortgesetzte Teilung gehen dann aus dieser Anfangszelle die Millionen von Zellen hervor, die den Körper eines höheren Tieres oder einer höheren Pflanze zusammensetzen. In dem Maße, als der Organismus vielzellig wird, muß die Selbständigkeit der einzelnen Zellen abnehmen, sie müssen sich in Form und Funktion den Zwecken des Ganzen unterordnen. Dabei spezialisieren sie sich auf bestimmte Leistungen, obwohl sie ursprünglich allseitig befähigt waren. Sie werden Spezialisten. Ein Teil übernimmt es, das Ganze zu bewegen,

Fig. 7. Stücke einer Fadenalge (Spirogyra), 80 fach vergrößert. In jeder Zelle ist ein spiraliger Chlorophyllkörper.

ein Teil nimmt die Nahrung auf, andere verdauen sie und machen sie den übrigen Zellen zugänglich, wieder andere umgeben den Körper mit schützenden Hüllen usw. Dabei nehmen sie der speziellen Funktion entsprechende Formen an. Mit einem Worte, es tritt eine mit Formdifferenzierung verbundene Arbeitsteilung ein. Ähnlich einem menschlichen Gemeinwesen ist der Organismus zusammengesetzt; man bezeichnet ihn als einen Zellenstaat. Freilich ist seine Zentralisation und seine geschlossene Einheitlichkeit viel größer als in einem Staat. Das gilt wenigstens für die höheren Lebewesen. Je höher organisiert ein Lebewesen ist, d. h. je feiner und vielseitiger seine Zellen differenziert sind, desto unselbständiger werden die letzteren, desto mehr gehen sie im Dienste des Ganzen auf.

Einige Beispiele mögen uns diese Stufenleiter hinaufführen.

Die grünen Watten, die oft Gräben und Sümpfe erfüllen, bestehen aus einem Gewirr dünnster grüner Fäden. Es sind sehr niedrige Pflanzen, sogenannte Fadenalgen. Das Mikroskop enthüllt uns eine Art von ihnen, eine Spirogyra (siehe Figur 7),

als einfache Reihe von zylindrischen Zellen, in denen ein sehr hübsches grünes, spiraliges Band sich befindet. Jede Zelle ist noch ganz selbständig; denn werden die Zellen voneinander getrennt, so wächst jede wieder zu einem Faden aus. Bei einer anderen Alge, die ein kleines grünes Kügelchen darstellt, haben sich mehrere von ihnen nicht zu einem Faden, sondern zu einer flachen Scheibe vereinigt (Pediastrum). Eine ähnliche, aber bewegliche, kuglige, einzellige grüne Alge bildet mit mehreren ihresgleichen eine Kugel, die, durch die festen Ruderhärchen der Einzelzellen getrieben, durchs Wasser rollt (Eudorina, siehe Figur 8). Bei allen diesen Wesen würde es schwer fallen zu entscheiden, ob sie nur bestimmt gestaltete Kolonien selbständiger Einzelwesen sind, oder ob sie schon Individuen höherer Ordnung darstellen. Es sind Übergänge zu vielzelligen Organismen, aber doch noch ohne feste Zusammengeschlossenheit und morphologische Differenzierung der einzelnen Bestandteile. Anders liegt die Sache schon bei anderen Fadenalgen, die als flutende grüne Büschel an Steinen im Wasser festsitzen (Cladophora). Hier haben sich die unteren Zellen zu Haftorganen entwickelt und nur die Spitzenzellen der verzweigten Büschel wachsen weiter (Fig. 9). Doch ist dies noch ein recht primitiver Organismus. Zerlegt man ihn, wie man es durch bestimmte Methoden kann, in seine einzelne Zellen, so ist jede Zelle befähigt, wieder durch Teilung ein solches Büschel aus sich hervorgehen zu lassen.

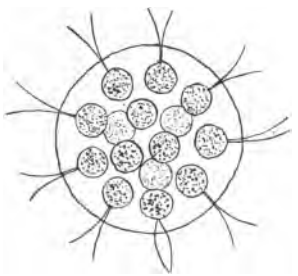


Fig. 8. Eudorina elegans, eine Kolonie grüner, geißeltragender Algen, stark vergrößert. (Nach Häckel.)

Bei etwas höher entwickelten Pflanzen werden die Zellmassen kompakter, es entstehen flächenförmige und körperliche Komplexe von auch äußerlich immer mehr hervortretender Differenzierung. Ein aus langzylindrischen, ziemlich gleichartigen Zellen bestehendes Stämmchen hat am unteren Ende lange, schlauchartige Zellen, die es im Boden verankern. Aus der Seite treten flächenförmige Anhängsel hervor, zusammengesetzt aus polygonalen oder länglichen Zellen: die Blättchen. Das würde eine Moospflanze sein, in ihre Zellen aufgelöst.

So geht die Differenzierung weiter und weiter; die Natur

ziseliert gewissermaßen immer mehr Details heraus, äußerlich morphologisch und innerlich anatomisch. Schließlich ein Baum: Millionen dickwandiger Zellen setzen das solide Gerüst des Stammes zusammen, das die Krone trägt. In ihm leiten lange kanalförmige Zellen die Nährstoffe auf und ab. Eine bestimmte Schicht ringsum hält sich andauernd jung und liefert immer neue Zellen, wodurch der Baum in die Dicke wächst. Außen umhüllt den Stamm eine dichte Hülle, die aus Zellen besteht, die sehr undurchlässige Korkwände haben. Diese Zellen, ebenso wie die holzigen des Innern, sind meist tot, sie sind zum Wohl des Ganzen abgestorben, nachdem sie recht dicke Gehäuse gebildet haben. Mit grünen Körperchen (Chlorophyllkörnern) erfüllte Zellen setzen das zarte Innengewebe der Blätter zusammen, die an ihrer Oberfläche mit einer derben, aus festen farblosen Zellen bestehenden Haut umkleidet sind. Umgeben von meist buntgefärbten Blättern, entstehen in besonderen Behältern die Zellen, die der Fortpflanzung dienen. Weit in den Boden hinein erstreckt sich die dem Stamm ähnlich gebaute Wurzel. Überall schließlich, wo ein Weiterwachsen erfolgt, in dem zarten, innersten Punkte einer Zweigknospe, an der Spitze der Wurzeln usw. befindet sich jugendliches Zellgewebe, aus dem sich mit jeder Wachstumsperiode wieder die Mannigfaltigkeit der Zellen mit bestimmten Aufgaben herausbildet.

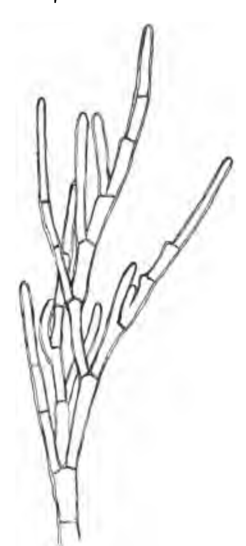


Fig. 9 Stück einer verzweigten Alge (Cladophora), 48fach vergrößert. (Nach Strasburger.)

Eine ganz analoge Reihe würde man für das Tierreich aufstellen können, nur ist das Aufgehen im Ganzen viel weiter getrieben, die Selbständigkeit der Zellen viel geringer.

Damit kommen wir auf eine Frage zu sprechen, die den Laien gewöhnlich viel mehr interessiert, als den Forscher. Das ist die Frage: was ist Tier, was ist Pflanze? Solange es sich um Bäume und Kräuter, Pferde, Insekten usw. handelt, ist die Entscheidung nicht schwer. Je mehr uns aber das Mikroskop aus der Welt des Unsichtbaren, Kleinen enthüllt, desto mehr wanken die Begriffe. Hier schwärmt ein kleines grünes Kügelchen

lebhaft im Wasser umher. Es wird eine Pflanze sein, weil es grün ist. Aber es bewegt sich? Dort bewegt sich ein farbloses Bakterium. Es scheint ein Tier zu sein. Doch rings mit fester Membran umhüllt? ohne Mundöffnung?

Die verwirrende Schwierigkeit liegt in der Natur der Begriffe überhaupt, die nie bis zu der ganzen Fülle der Einzelerscheinungen hinabreichen. Als die Begriffe Tier und Pflanze sich bildeten, wußte man nichts von der mikroskopischen Welt. Es ist deshalb nicht zu verwundern, daß ihre Vertreter sich oft nicht ohne weiteres unter Begriffe subsumieren lassen, zu deren Bildung sie nichts beigetragen haben. Sollen sie noch gelten, so sind sie erneut wissenschaftlich zu formulieren. Das ist freilich ziemlich schwer, da es ganz durchgreifende Unterschiede, die auch bei den Mikroorganismen gelten, nicht gibt.

Ein ziemlich gut durchführbarer Unterschied ist in der Anwesenheit, bzw. in dem Fehlen einer festen Zellkammer gegeben.

Im Körper der Pflanzen sind alle Zellen mit festen Membranen umkleidet, die tierischen Zellen sind jedoch größtenteils nackt. Doch gibt es auch bei manchen Algen Protoplasten, die aus ihren Gehäusen heraustreten. Das ist zum Beispiel bei manchen Algen der Fall. In einem bestimmten Entwicklungszustande platzt nämlich die Zellulosemembran der Zelle, der Protoplast, dem inzwischen Bewegungsorgane, feinste Härchen, an seiner Oberfläche gewachsen sind, tritt heraus und schwärmt nackt davon, bis er schließlich irgendwo sich niederläßt, sich mit einer Membran umgibt und nach mehreren Zellteilungen zu einem neuen Faden auswächst. Man nennt solche Gebilde Schwärmsporen. Der Anblick ist so überraschend, daß man begreift, wie sein erster Beobachter von der „Pflanze im Moment der Tierwerdung" sprach. In Figur 27 (S. 73) sind Schwärmsporen dargestellt.

Mit dem Besitz der festen Membran ist der weitere schon angedeutete Unterschied gegeben, daß die pflanzlichen Zellen viel selbständiger bleiben als die der Tiere. Selbst eine hochdifferenzierte Pflanze hat viele Eigentümlichkeiten einer Zellkolonie bewahrt, die, wie wir sahen, bei manchen einfachen Algen und Protozoen den Anfang einer Gewebebildung darstellt. Die Zellen sind nicht so spezialisiert, können leichter ihre Funktion wechseln und mehrere ausüben. Besonders zeigt sich dies bei den als „Regenerationen" bezeichneten Erscheinungen. Fassen wir diesen Begriff ganz all=

gemein und kümmern wir uns nicht um feinere Begriffsunterschiede, so bezeichnet man als Regeneration die Ersetzung verloren gegangener Teile durch andere schon spezialisierte, aus denen das Fehlende ergänzt wird. Bei manchen Pflanzen ist diese Regenerationsfähigkeit eine ungewöhnlich große, so daß man theoretisch zu der Annahme gedrängt wird, daß in jeder noch lebensfähigen Zelle noch sämtliche Eigenschaften der Art enthalten sind und daß infolgedessen jede Zelle aus sich wieder eine ganze Pflanze erzeugen kann. Dieser Forderung kommen manche Moose sehr nahe. Man kann sie in kleine Stückchen zerschneiden und aus jedem kann wieder ein Moospflänzchen hervorsprossen. Ähnlich hohes Regenerationsvermögen kommt jedoch auch manchen Tieren, besonders Würmern zu.

Auch die verschiedene Art der Nahrungsaufnahme wird durch die Membran bedingt. Die Pflanze vermag im allgemeinen nur gelöste Stoffe aufzunehmen, die durch die Zellwände durchgesogen werden. Das Tier kann jedoch auch ganze, feste Bestandteile seinem Zellplasma einverleiben. Allerdings vermögen dies auch die sogenannten Schleimpilze, von deren typischem Vertreter, der Lohblüte, schon die Rede war. Man rechnet sie zu den Pflanzen, trotzdem die Protoplasten unbehäutet sind.

Ferner ist kein Tier imstande, allein mit anorganischen Bestandteilen sich zu nähren, während die grünen Pflanzen alle ihre Nährstoffe ausschließlich aus dem Mineralreich beziehen. Doch ist diese negative Begrenzung unzureichend, da es auch Pflanzen gibt, wie Pilze und Bakterien, die auch organische Stoffe verzehren. Damit fällt auch die Unterscheidung, daß alle mit grünem Chlorophyllfarbstoff ausgestatteten Lebewesen Pflanzen seien; denn die Pilze und Bakterien, die beide feste Membranen haben und auch sonst pflanzliche Eigentümlichkeiten aufweisen, ermangeln des Chlorophylls. Es sind wahrscheinlich farblos gewordene Pflanzen, aber doch Pflanzen. Beweglichkeit und Bewegungslosigkeit ist schließlich auch nur ein ganz oberflächlicher Unterscheidungsgrund, wie wir sahen.

Man muß sich also bei der Entscheidung „Tier oder Pflanze?“ oft damit begnügen, das Gewicht der Merkmale abzuwägen oder festzustellen, nach welcher Richtung die Eigenschaften eines fraglichen Lebewesens mehr zielen.

Nach der Lehre von der gemeinsamen Basis alles Lebenden und der gemeinsamen Abstammung müssen sich ja auch not-

wendig nach der gemeinsamen Wurzel hin die Eigenschaften zusammenneigen, bzw. sich mischen.

Der Vorschlag, diese Wurzel zu einer besonderen Organismengruppe zu erheben, ist also sehr plausibel. Man bezeichnet dies Grenzreich als das Reich der Protisten oder Urwesen und zweigt erst von hier aus das Pflanzen- und das Tierreich ab.

---

## 5. Kapitel.

### Das Reich der einfachsten Lebewesen. Die Bakterien und ihre Rolle im täglichen Leben. Der Bakterienfang. Hefe.

Diese Urtierchen, zu denen wir z. B. die Amöbe und den Schleimpilz rechnen würden, entziehen sich fast ganz der direkten Wahrnehmung, so daß man im allgemeinen in Laienkreisen sehr wenig von ihnen weiß. Es sei deswegen gerechtfertigt, etwas spezieller auf sie eingehen, und zwar wollen wir, um die Vorstellung von dieser verborgenen Welt zu beleben, eine Gruppe genauer schildern, die auch aus anderen Gründen das höchste Interesse beanspruchen darf, nämlich die Bakterien. Wir stoßen ja mit ihnen auf Schritt und Tritt zusammen.

Tatsachen und Erscheinungen, die man seit den ältesten Zeiten kannte, sind in ein ganz neues Licht gerückt worden, als das Mikroskop die Bakterien nötigte, aus ihrem Inkognito herauszutreten. Die Technik, die Landwirtschaft, besonders aber die Medizin verdankt der Bakteriologie ganz neue Gesichtspunkte. Überall sind die Bakterien dabei und der Laie ist geneigt, in ihnen Wesen ganz besonderer Art zu sehen. Im Grunde sind es jedoch Lebewesen wie andere auch, denen nur ihre Unsichtbarkeit etwas Gespenstisches, Übernatürliches verleiht.

Klein sind sie in der Tat, sehr klein. Die kleinsten unter ihnen hat sogar noch niemand gesehen, wie z. B. die Erreger der Maul- und Klauenseuche der Rinder, von denen man aus anderen Gründen annehmen muß, daß es Bakterien sind. Vielleicht gelingt es hier und in anderen Fällen, mit dem Siedentopf-Szigmondyschen Ultramikroskop die Existenz der Bakterien nachzuweisen. Denn dies Mikroskop macht sogar die kleinsten fein verteilten Goldteilchen sichtbar, welche in dem Rubinglase

die rote Farbe bedingen. (Allerdings läßt es nicht die Form der Körper erkennen.) Äußerst klein ist auch der Influenzabazillus. Er steht gerade an der Grenze der Sichtbarkeit. Es ist ein kleines Stäbchen von 0,4 $\mu$ Breite und 1—1,4 $\mu$ Länge. (Ein Mikron = $\mu$ ist der tausendste Teil eines Millimeters.) Die gewöhnliche Größe der Bakterien ist 5—10 $\mu$ Länge und 1—2 $\mu$ Breite. Selbst die größten unter ihnen liegen noch weit unter der Grenze der Sichtbarkeit mit bloßem Auge.

Diese so außerordentlich winzige Menge lebender Substanz — 2 Billionen Kokken mittlerer Größe würden z. B. erst ein Gramm ausmachen — zeigt aber schon alle Merkmale des Lebens.

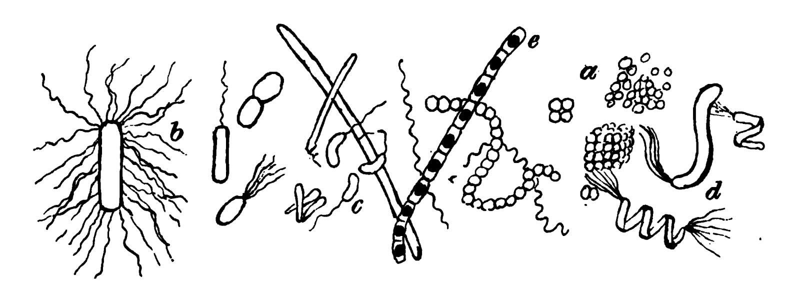



Fig. 10. Verschiedene Bakterienformen: *a* Kokken; *b* Stäbchenbakterien; *c* Vibrionen; *d* Spirillen. Bei *b*, *e*, *d* sind die Bewegungsorgane, die Geißeln zu sehen. In den Stäbchenbakterien, die die Kette bei *e* zusammensetzen, hat sich der Inhalt zu Sporen zusammengezogen. In jeder Bakterienzelle befindet sich eine Spore. 1000—2000 fach vergr.

Atmung, Bewegung, Teilung; ja primitive Instinkte lassen sich sogar an ihnen nachweisen (siehe Seite 51). Auch der Bau ihrer Zellen ist relativ weit differenziert. In einer zarten festen Membran steckt der Plasmakörper, der ein ganz ähnliches mit Zellsaft erfülltes Bläschen darstellt, wie wir es bei den älteren Pflanzenzellen antrafen. Nur ein Zellkern ist noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen worden. Immerhin sind die Bakterien noch nicht die einfachsten Lebewesen, die man sich denken könnte. Es ist erstaunlich, auf wie geringem Raume sich ein verhältnismäßig schon sehr komplizierter Mechanismus abspielt.

Sehr einfache Formen treten uns bei den Bakterien entgegen (siehe Figur 10): kleinste Kügelchen = die Kokken (*a*), kleinste Stäbchen = die Bazillen oder Bakterien im engeren Sinne (*b*), kleinste kürzere oder längere Schräubchen = die

Vibrionen (*c*) und Spirillen (*d*). Die Vibrionen und Spirillen sowie eine große Zahl der Stäbchenbakterien sind beweglich und schwimmen mittels feiner plasmatischer Wimpern, die entweder über die ganze Oberfläche verteilt sind, oder in Ein- oder Mehrzahl an einem Ende sitzen.

Ein Tropfen fauligen Sumpfwassers würde uns alle diese Formen zeigen, wenn wir ihn etwa mit tausendfacher Vergrößerung betrachten. Hier liegt ein Haufen feinster Pünktchen zusammen, dort sind es zierliche rosenkranzähnliche Kettchen, hier schießen kleine Stäbchen pfeilschnell in einem Wald von dünnen aus Einzelbakterien bestehenden Fäden umher; dazwischen huschen schattenhaft in schraubender Bewegung die ziemlich großen Spirillen. Andere kürzere, plumpere Bakterien sind träger; langsam, fast lächerlich wackeln sie durch das Wasser.

Alle sind einzeln betrachtet farblos. Wenn sie jedoch in dichten Mengen zusammenliegen, sind einige Arten farbig. Es gibt rote, blaue, gelbe, braune usw. Im Eiter z. B. bedingt die goldgelbe Farbe der häufigste Eitererreger, der sogenannte Staphylokokkus, ein winziges Kügelchen, welches einen goldgelben Farbstoff bildet. Zuweilen sieht der Eiter blaugrün aus, und in diesem Falle haust ein anderer Bazillus in der Wunde, der einen prachtvollen blaugrünen, fluoreszierenden Farbstoff bildet.

Gelegentlich treten in der Milch, dem Laien ganz unerklärlich, farbige Partien auf, rote und gelbe Flecken, hervorgerufen durch Bakterien, die wohl aus der Luft hineingefallen sind. Oft wird auch die Milch ganz blau, durch einen Bazillus, der einen schönen ebenfalls fluoreszierenden Farbstoff produziert. Viel Aberglauben verursacht hat der sonderbare Hostienbazillus, der sich gern auf mehlhaltigen Nahrungsmitteln ansiedelt und hier blutrote Flecken hervorruft.

Das Lebenselement der Bakterien ist das Wasser oder wenigstens das Feuchte. In Trockenheit vermögen sie nicht zu gedeihen, wohl aber können sich sehr viele, auch dann, wenn sie gänzlich eingetrocknet sind, am Leben erhalten. Mit dem Staub aufgewirbelt, schweben sie in der Luft und können überallhin verbreitet werden. Sobald sie der Zufall auf ein günstiges Nährfeld führt, erwachen sie zu neuem Leben und vermehren sich binnen kurzem ins ungeheure. Sie sind im wahrsten Sinne des Wortes Kosmopoliten, allgegenwärtig, aber unsichtbar. Nur wenige Orte gibt es, wo man sie in der Luft nicht mehr antrifft, so auf

sehr hohen Bergen, auf hoher See und in den arktischen Gegenden.

So begleiten sie uns auf Schritt und Tritt, unsichtbar an unserem Körper, an unseren Kleidern, an den Speisen, an allen Gebrauchsgegenständen haftend. Doch gibt sich ihre Anwesenheit erst zu erkennen, wenn sie sich irgendwo stark vermehren können. Im Sommer, bei der alles Leben begünstigenden Wärme, gerinnt die Milch besonders leicht und wird sauer. Die Säure ist die Ursache des Gerinnens und wird produziert von bestimmten Bakterien, die sich in der Milch in ungeheurer Menge entwickeln. Es sind die Milchsäurebakterien. Sie greifen den Milchzucker der Milch an und bilden Milchsäure, durch welche das in der Milch enthaltene Kasein ausfällt. Kocht man die Milch auf, d. h. tötet man die Lebewelt in ihr und verhütet das Hineinfallen von Keimen aus der Luft, so gerinnt die Milch nicht. Bei der Veränderung, die der Käsestoff der Milch durchmacht, bis ein Käse daraus wird, sind ebenfalls Bakterien beteiligt, doch weiß man noch nicht, welche es sind. Auch Schimmelpilze wirken mit, wie im Gorgonzola und Roquefort, wo die grünen Nester aus dem ganz gewöhnlichen, auf Leder besonders gern wachsenden grünen Pinselschimmel (Penicillium glaucum) bestehen. Andere organische Flüssigkeiten faulen, wenn sie sich selbst überlassen werden. Sie verändern sich je nach ihrer Zusammensetzung und den Arten von Bakterien in verschiedener Weise.

Schon ziemlich früh hat man in faulenden Aufgüssen die kleine Lebewelt gesehen, und zwar hat dies Phänomen die Naturforscher noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts viel Kopfzerbrechen gekostet. Wo kamen die kleinen Organismen her? Man berührte damit das Urzeugungsproblem, und es ist interessant, wie in dem Streit um diese rein wissenschaftliche Frage ein guter Teil unserer uns jetzt ganz geläufigen bakteriologischen Arbeitsmethoden steckt. Hauptsächlich durch Pasteur wurde der Streit entschieden, indem gezeigt wurde, daß Zersetzung organischer Flüssigkeiten nur dann eintritt, wenn Bakterien darin enthalten sind. Wird die Flüssigkeit gekocht, und wird verhütet, daß irgend etwas von außen hineingelangt, so bleibt sie unverändert, und was die damalige Welt besonders interessierte, es bilden sich von selbst keine Lebewesen in ihr. Ähnlich wirken auch bestimmte starke Gifte, wie Sublimat, Formol, Jodoform, Karbol usw. Sie vergiften die Bakterien. Auf diesen Prinzipien, nämlich der

tötenden Wirkung von Hitze und Giften, beruht unsere moderne Desinfektions- und Sterilisationstechnik.

Das Problem, in dem Reich des Kleinsten die einzelnen Arten, die hier genau so streng begrenzt sind wie bei den größeren Organismen, scharf zu definieren, gestaltet sich ganz besonders schwierig. Die große Eintönigkeit der Formen gestattet

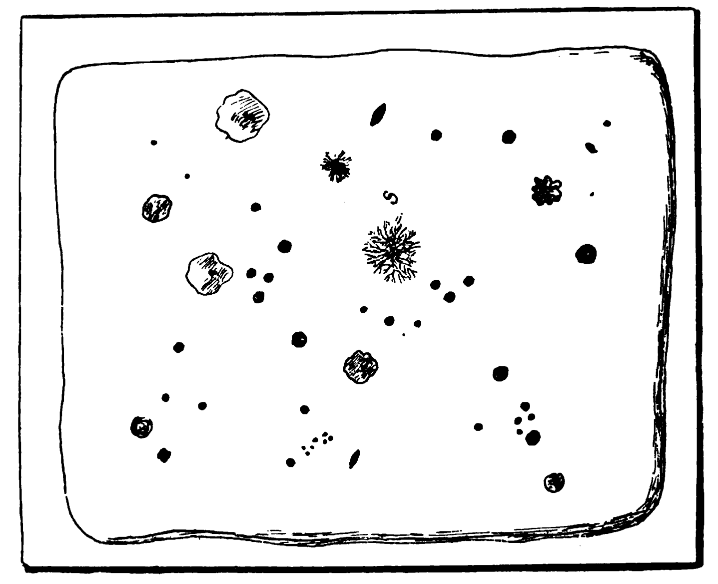


Fig. 11. Eine sogenannte Plattenkultur. Auf einer Glasplatte ist in dünner Schicht Gelatine ausgebreitet, welche mit etwas bakterienhaltigem Wasser vermischt war. An den Stellen, wo ein Bakterium in der erstarrten Gelatine festgeleimt wurde, ist infolge seiner Vermehrung ein sichtbares Fleckchen entstanden. Die Formen dieser Kolonien sind nach der Art der sie zusammensetzenden Bakterien verschieden. Bei * ist ein Schimmelpilz gewachsen. Die Platte ist etwas verkleinert, die Bakterienkolonien sind in natürlicher Größe.

keine auf Formverhältnisse allein begründete Unterscheidung. Ein genaues Studium ihrer Lebenserscheinungen und physiologischen Leistungen ist deshalb unerläßlich, und dazu ist die unumgängliche Vorbedingung, die einzelnen Bakterien, die in der Natur in buntem Gemenge vorkommen, für sich einzufangen und zu züchten. Bevor diese Forderung klar erkannt war, gab man sich, im Widerstreit mit allen in der übrigen organischen Natur geltenden Gesetzen

der Arteinheitlichkeit, der Vorstellung hin, daß eine schrankenlose Vielförmigkeit unter den Bakterien herrsche. Ein Kokkus könne sich gelegentlich in ein Bakterium oder ein Spirillum verwandeln und umgekehrt, die Artbegriffe der höheren Lebewesen hätten hier keine Anwendung. Die Methoden der Reinzucht klärten diesen Irrtum auf. Da die Entwicklung der Bakteriologie zu ihrer dominierenden Stellung in der Biologie wesentlich auf der Ausbildung dieser Methoden beruht, sei kurz auf sie eingegangen.

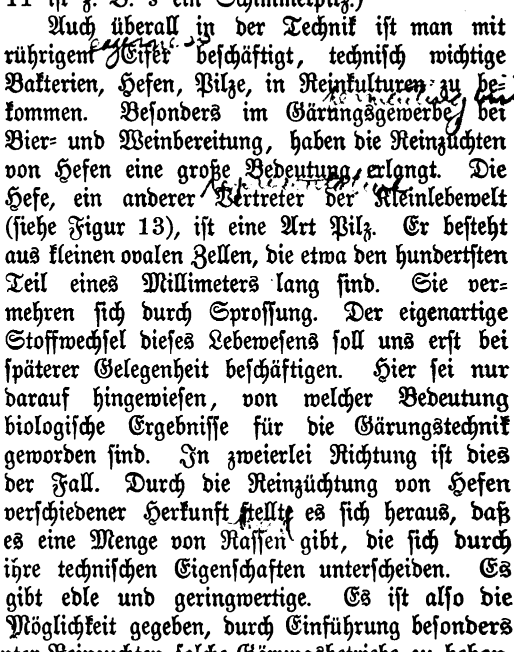
Man stellt zunächst eine Flüssigkeit her, in der die Mehrzahl der Bakterien gut wächst, z. B. eine Fleischbrühe, der noch einige gute Nährstoffe hinzugesetzt werden. Man fügt dann einen Stoff hinzu, der sich leicht verflüssigen läßt und leicht wieder erstarrt, die Gelatine, und erhält so ein Bouillongallerte, die man in kleine zylindrische Röhrchen verteilt. Man verschließt diese mit Watte und macht sie durch Erhitzen keimfrei, da sie ja natürlich schon von vornherein massenhaft Bakterien beherbergten. Ein solches Röhrchen wird nun gelinde erwärmt, bis die Gelatine flüssig wird. Man fügt dann eine kleine Menge von der Substanz, aus der man die Bakterien herausfischen will — sagen wir einen Tropfen Sumpfwasser oder Blut —, der flüssigen Gelatine zu und vermischt es gut, so daß sich die Bakterien gleichmäßig verteilen. Jetzt gießt man die Gelatine auf einer vorher in der Hitze sterilisierten Glasplatte aus, so daß sie die Platte in dünner Schicht überzieht. (siehe Figur 11). Bald erstarrt sie, und die Bakterien werden an bestimmten Stellen getrennt voneinander festgeleimt. Sie beginnen sich dank der vortrefflichen Nahrung, die ihnen in der Gelatine geboten ist, sofort zu vermehren und aus dem einen Vorfahren entstehen durch fortgesetzte Teilungen schon nach kurzer Zeit eine so ungeheure Masse von Nachkommen, daß diese gewaltige Familie oder, wie man sagt, „Kolonie" schon dem bloßen Auge als kleiner Fleck sichtbar wird. Die Figur 11 zeigt eine ganze Anzahl solcher Kolonien verschiedener Größe und Form. Wird jetzt mittels eines in der Flamme geglühten und dadurch sterilisierten Platindrahtes etwas von diesem Fleck in ein anderes Gelatineröhrchen übertragen, so hat man in der Tat eine Bakterienart eingefangen, deren Einheitlichkeit durch Abstammung von einem einzigen Ahnherrn gewährleistet ist. An solchen „Reinkulturen" (wie z. B. in der Figur 12 eine dargestellt ist), können dann in aller Ruhe alle Eigenschaften, krankmachende, gärende usw., studiert werden. Mit dieser Methode wurde seinerzeit von Robert Koch

der Milzbrandbazillus aus dem Blut milzbrandkranker Tiere herausgezüchtet.

Auf demselben Wege kann dann auch rein zahlenmäßig die Anzahl von Bakterien, die in einem bestimmten Quantum Wasser, Erde, Milch usw. usw. enthalten ist, bestimmt werden und ebenso können auch die Hygieniker die gefährlichen Arten in der Umgebung des Menschen aufsuchen, um sie wirksam mittels der oben gekennzeichneten Methoden zu bekämpfen. Übrigens kann man auch andere Mikroorganismen, wie Schimmelpilze, Hefen, in ähnlicher Weise isolieren. (In Figur 11 ist z. B. *s* ein Schimmelpilz.)



Fig. 12. Ein mit einem Wattepfropfen verschlossenes Reagenzröhrchen in welchem sich etwas in schräger Lage erstarrte Nährgelatine befindet. Auf der schrägen Fläche ist ein Impfstrich gezogen, an welchem entlang sich eine üppige Bakterienmasse entwickelt hat. Etwas verkleinert.



Auch überall in der Technik ist man mit rührigem Eifer beschäftigt, technisch wichtige Bakterien, Hefen, Pilze, in Reinkulturen zu bekommen. Besonders im Gärungsgewerbe, bei Bier- und Weinbereitung, haben die Reinzuchten von Hefen eine große Bedeutung erlangt. Die Hefe, ein anderer Vertreter der Kleinlebewelt (siehe Figur 13), ist eine Art Pilz. Er besteht aus kleinen ovalen Zellen, die etwa den hundertsten Teil eines Millimeters lang sind. Sie vermehren sich durch Sprossung. Der eigenartige Stoffwechsel dieses Lebewesens soll uns erst bei späterer Gelegenheit beschäftigen. Hier sei nur darauf hingewiesen, von welcher Bedeutung biologische Ergebnisse für die Gärungstechnik geworden sind. In zweierlei Richtung ist dies der Fall. Durch die Reinzüchtung von Hefen verschiedener Herkunft stellte es sich heraus, daß es eine Menge von Rassen gibt, die sich durch ihre technischen Eigenschaften unterscheiden. Es gibt edle und geringwertige. Es ist also die Möglichkeit gegeben, durch Einführung besonders edler, genau bekannter Reinzuchten solche Gärungsbetriebe zu heben, die bisher sich mit der spontan in ihnen auftretenden Rasse begnügten. Man versendet heutzutage an Brauereien und Keltereien edle reine Hefen bestimmter Eigenschaften, ebenso wie man Saatgut von garantierter Qualität in der Landwirtschaft vertreibt.

Zweitens ist aber auch in solchen Gärungsbetrieben, die

sich seit alten Zeiten vorzüglicher spontaner Hefe erfreuen, die Massenimpfung des Gärmaterials mit reinen Hefen deshalb von größter Wichtigkeit, weil hierdurch eine viel größere Garantie für den normalen Verlauf der Gärung gegeben ist. Denn durch die Einführung großer Mengen Edelhefe dominiert diese von vornherein und verdrängt mit Sicherheit alle die anderen schädlichen Mikroorganismen, die sonst gelegentlich den ganzen Prozeß mißlingen lassen.

Fig. 13. Hefe, teils einzeln liegend, teils durch Sprossung zu größeren Verbänden herangewachsen; bei *a* Beginn der Sprossung, 500 fach vergrößert.

Auch in anderen technischen Betrieben, wie zum Beispiel in der Molkerei, in der Landwirtschaft, in der Tabakindustrie, versucht man mit größerem oder geringerem Erfolg, die fraglichen auf Mikroorganismenwirkung beruhenden Prozesse in sichere Hand zu bekommen. Man impft die Milch mit Milchsäurebakterien, sucht, freilich vorläufig noch nicht recht erfolgreich, nach spezifischen Käsebakterienrassen, um womöglich die Produktion edler Käse auch außerhalb ihres Produktionsgebietes zu ermöglichen, versetzt die Ackererde mit bestimmten Bakterien, um ihre Ertragsfähigkeit zu steigern (siehe Seite 120); ja sogar einheimische Tabake hat man früher versucht, mit solchen Bakterien zu verbessern, die aus edlen Tabaksorten gezüchtet wurden, freilich mit ganz negativem Erfolg.

Bakterien sind schließlich noch in der Essigsäurefabrikation und in der Textilindustrie am Werke. Wein oder Bierreste, allgemein gesagt alkoholische Flüssigkeiten überziehen sich beim offenen Stehen bald mit einem zarten, grauen, trockenen Häutchen, welches meist ganz aus winzigen Stäbchenbakterien zusammengesetzt ist. Dies sind die Essigsäurebakterien, welche den Alkohol zu Essigsäure oxydieren und dadurch das allmähliche Sauerwerden von Bier und Wein verursachen. Bei der Gewinnung des Flachses bewirken bestimmte im Wasser der Flachsrotten gedeihende Bakterien eine spezifische Verrottung der Leinstengel, welche in dem Wasser „geröstet" werden. Es wird so erreicht, daß die aus dickwandigen Faserzellen bestehenden Baststränge bei dem Brechen und Hecheln der Leinstengel sich leicht und sauber von den anhaftenden Geweben trennen lassen.

Viel wichtiger jedoch als die praktische Rolle der Bakterien, ja sogar noch viel bedeutungsvoller als die aggressive, heimtückische Tätigkeit der kleinen Gruppe der Krankheitserreger, die ja schließlich

nur einen Sonderfall des allgemeinen großen Kampfes in der Natur darstellt, ist die wichtige Mission, die die Hauptmasse der Kleinlebewelt im Kreislauf der Stoffe erfüllt, die auf unserer Erde durch die Organismen hindurchwandern. Bakterien und Pilze erhalten diesen großen Kreislauf an entscheidenden Punkten im Gang. Ohne sie würde er rettungslos ins Stocken geraten und die Existenz des Lebens auf der Erde unmöglich sein. Um jedoch diese Frage in vollem Umfange behandeln zu können, ist es unerläßlich, zunächst einmal zu untersuchen, welche Stoffe die einzelnen Lebewesen aufnehmen, wie sie sie aufnehmen und in welcher Weise sich ihr Lebensgetriebe im Gang erhält.

---

## 6. Kapitel.

### Die Ernährung der grünen Pflanzen, der Pilze, Bakterien und Tiere. Kreislauf des Stickstoffs und des Kohlenstoffs. Fäulnis und Gärung. Die Enzyme.

Jedes Lebewesen entsteht aus sehr unscheinbaren Anfängen (siehe Seite 102) und vermehrt seine Körpersubstanz, solange es wächst, ununterbrochen. Dazu müssen die Stoffe von außen her aufgenommen werden, doch muß sogar noch mehr zugeführt werden als das Quantum, das beim Wachstum im Körper deponiert wird. Denn während der Entwicklung und nachher lebt der Organismus, d. h. vollzieht mannigfache Leistungen, für die er fortdauernd einer Zufuhr von außen bedarf, ebenso wie eine Maschine das Brennmaterial benötigt. Diesem doppelten Zwecke, also um Bau- und Heizmaterial zu beschaffen, dient die Ernährung.

Nun machen die von außen aufgenommenen Substanzen und damit in letzter Linie alle Stoffe des Körpers einen fortwährenden Wechsel durch. Nie ist die Nahrung in der Form, wie sie aufgenommen wird, ohne weiteres in das lebendige Gefüge des organischen Gebäudes einzureihen. Sie muß erst ähnlich gemacht (assimiliert), d. h. in eine solche Form übergeführt werden, daß sie zu den mannigfachen Zwecken im Organismus verwandt werden kann. Dabei erfährt sie wiederum ununterbrochene Veränderungen, und schließlich verläßt ein Teil fortwährend den Körper als nutzloser Abfall. Die Stoffe im Körper machen also eine

fortlaufende Veränderung durch, und dieser Prozeß, den die Aufnahme von Stoffen aus der Umgebung im Fluß erhält, wird als Stoffwechsel bezeichnet. Würden wir von dem Gesichtspunkte ausgehen, die Kräfte durch den Organismus hindurchzuverfolgen, so würde sich dieser Prozeß uns als Kraftwechsel darstellen. Stoff- und Kraftwechsel sind untrennbar miteinander verbunden, doch ist es einfacher, wenn wir bei der Vorstellung des Stoffwechsels bleiben.

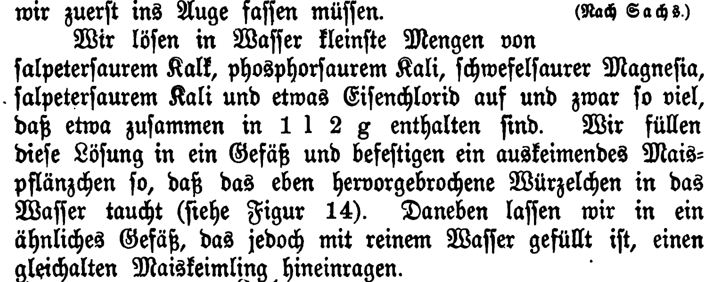
Nach den obigen Ausführungen kann man einen aufbauenden, ähnlichmachenden Stoffwechsel unterscheiden, und einen abbauenden, unähnlichmachenden. Ersterer besteht in der Umwandlung der aufgenommenen Nahrung und Einlagerung in den Körper, letzterer in der chemischen Zersetzung bestimmter Teile, um Spannkräfte für das Lebensgetriebe freizumachen. Ersterer ist die Assimilation im weitesten Sinne, letzterer die Dissimilation.



Fig. 14. Eine junge Maispflanze in Wasserkultur. (Nach Sachs.)

Woher stammen nun die Stoffe, die die Lebewesen als Nahrung aufnehmen? Unsere eigene Nahrung besteht (das Wasser lassen wir einmal beiseite) aus Tieren und Pflanzen. Die Tiere nähren sich entweder wieder von Tieren oder von Pflanzen. In letzter Linie weist also alles auf die Pflanzen zurück. Sie sind es, welche die Stoffe, die im großen Reich des Lebendigen zirkulieren, in dieses einführen, und von hier aus werden sie von Mund zu Mund weitergegeben.

Es ist also die Ernährung oder Pflanzen, die wir zuerst ins Auge fassen müssen.



Wir lösen in Wasser kleinste Mengen von salpetersaurem Kalk, phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia, salpetersaurem Kali und etwas Eisenchlorid auf und zwar so viel, daß etwa zusammen in 1 l 2 g enthalten sind. Wir füllen diese Lösung in ein Gefäß und befestigen ein auskeimendes Maispflänzchen so, daß das eben hervorgebrochene Würzelchen in das Wasser taucht (siehe Figur 14). Daneben lassen wir in ein ähnliches Gefäß, das jedoch mit reinem Wasser gefüllt ist, einen gleichalten Maiskeimling hineinragen.

Beide wachsen munter weiter, zunächst gleich rasch, bald jedoch bleibt der zweite Keimling zurück, um schließlich ganz in der Entwicklung stehen zu bleiben. Der erste aber wächst weiter und

weiter, entwickelt Blatt um Blatt, ja bei sorgfältiger Zucht durchläuft er seine gesamte Entwicklung bis zur Blüte.

Wir entnehmen aus diesem Versuch, daß die jungen Sämlinge der Pflanzen sich zunächst auf Kosten der Stoffe, die in den Samen eingeschlossen sind, entwickeln können, daß aber dann neue Stoffe aufgenommen werden müssen, damit die Entwicklung weitergeht.

Welche Stoffe dazu nötig sind, zeigt das Experiment. Die ganze prächtige Maispflanze hat sich aus dieser mageren Nährlösung entwickelt. Wenn wir nun aber die Maispflanze auf ihre chemischen Bestandteile hin untersuchen, so finden wir, daß im wesentlichen folgende Elemente in ihr vertreten sind: Kalium, Kalzium, Magnesium, Schwefel, Phosphor, Eisen, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff. Unsere Nährlösung hat in den angegebenen Verbindungen die ersten neun dieser Elemente enthalten.

Woher kommt aber der Kohlenstoff, dieses wichtigste Element der ganzen organischen Natur, die Hauptmasse der Maispflanze?

Er kann nur aus der Luft kommen; und so ist es in der Tat, so daß sich die merkwürdige Tatsache ergibt, daß gerade der wichtigste Lebensträger, der Kohlenstoff, in den Kreislauf des Lebens aus der Luft eingeführt wird. Die Ernährungsverhältnisse der Pflanzen in der freien Natur sind ganz analog denen in obigem Experiment. Soweit es sich um Algen und Wasserpflanzen handelt, sind ja dieselben Bedingungen gegeben. Die grünen Algen z. B. nehmen aus dem Wasser der Flüsse und Teiche alle die nötigen Stoffe, die stets in ihm enthalten sind, durch ihre ganze Oberfläche auf. Die Landpflanzen müssen sie im Boden aufsuchen. Mit ihrem reichverzweigten Wurzelsystem durchwuchern sie ihn und saugen ihn aus. Was aufgenommen wird, ist wieder nichts anderes als Wasser mit Salzen.

Wie wird aber der Kohlenstoff aus der Luft genommen? Eine Bedingung ist dazu nötig, wie jeder weiß, der etwa einmal den fruchtlosen Versuch gemacht hat, eine Pflanze im Dunkeln zu ziehen. Sie wächst wohl eine Weile auf Kosten ihres aufgespeicherten Reservevorrats, geht aber dann an Hunger zugrunde. Das Licht also ist eine notwendige Bedingung für die Ernährung und zwar speziell für die Aufnahme des Kohlenstoffes. Der Kohlenstoff ist als Kohlensäure, also mit Sauerstoff verbunden in der Luft vorhanden und zwar in sehr geringer Menge. 10000 l

Luft enthalten nur ca. $3\frac{1}{2}$ l Kohlensäure und da diese nur zu $\frac{3}{11}$ aus Kohlenstoff besteht, so enthält obige Luftmenge nur 2 g Kohlenstoff. Durch kleinste Öffnungen in den Blättern, welche die Haupternährungsorgane der Pflanzen darstellen, gelangt nun mit der Luft auch das Kohlensäuregas in das Innere des grünen Blattgewebes, und hier vermag das lebende Plasma nun den Kohlenstoff von dem Sauerstoff zu befreien und aus ihm zusammen mit Wasser auf unbekanntem Wege schließlich ein organisches Produkt zu bilden, die Stärke. Der Sauerstoff wird nach außen wieder ausgeschieden. Dieser als Kohlensäureassimilation bezeichnete Prozeß ist an zwei Bedingungen geknüpft: einmal, wie wir schon sahen, an das Licht. Nur im Licht findet Stärkebildung und Sauerstoffausscheidung statt, und zwar sind es die roten Strahlen des Spektrums, die wirksam sind. Hinter roten Glasscheiben würde sich also eine Pflanze ebensogut entwickeln als im Licht, hinter blauen jedoch stark zurückbleiben. Die zweite Bedingung ist der grüne Farbstoff, das sogenannte Chlorophyll. Mit ihm sind kleine Körnchen durchtränkt, die sich in den Zellen aller grünen Pflanzenteile in großer Menge finden und als Chlorophyllkörner bezeichnet werden. In ihnen taucht die Stärke in Form kleinster Einschlüsse auf. Fig. 15 zeigt eine Pflanzenzelle mit Chlorophyllkörnern (*c*), in denen kleine Einschlüsse von Stärke (*s*) sich befinden. Mit verschwindender Ausnahme vermögen keine anderen Pflanzen als mit Chlorophyll ausgestattete Kohlensäureassimilation durchzuführen.

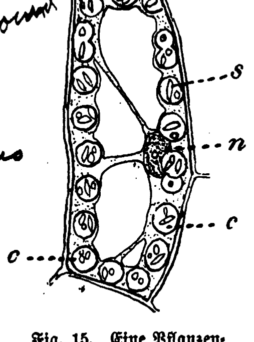



Fig. 15. Eine Pflanzenzelle mit grünen Chlorophyllkörnern, in denen sich kleine Stärketeilchen befinden. *c* Chlorophyllkörner; darin *s* Stärke; *n* Zellkern. (Nach Sachs.)

Bei lebhafter Kohlensäureverarbeitung würde sich die Stärke bald in großen Mengen in den Blättern aufhäufen. Sie muß deshalb fortgeschafft werden, und dies tut die Pflanze des Nachts. Des Nachts verwandelt sie die Stärke in ein anderes Kohlehydrat, den Zucker, und dieser strömt allmählich in den Zellsäften gelöst in die übrige Pflanze.

Bei manchen Pflanzen findet eine Aufspeicherung der Stärke in bestimmten Organen statt, wie z. B. in den Knollen der Kartoffel, den Getreidekörnern (Mehl).

Welche gewaltigen Quantitäten Kohlensäure auf diese Weise aus der Atmosphäre aufgenommen werden, deren Kohlenstoff in organischer Bindung in den Pflanzen deponiert wird, erhellt sofort aus der Tatsache, daß ja unsere Pflanzendecke zum größten Teil aus Kohlenstoff besteht. Ein Quadratmeter Blattfläche eines Kürbisses vermag während eines Sommertages von 15 Stunden etwa 25 g Stärke zu bilden.

Mit Hilfe der aus dem Boden aufgesogenen Salzlösung und des der Luft entrissenen Kohlenstoffes vermag also die grüne Pflanze alle die organischen Verbindungen aufzubauen, die ihren Körper zusammensetzen: die Eiweißstoffe, Zuckerarten, Stärke, Zellulose und Holzsubstanzen, Pflanzensäuren usw. Alles erzeugt sie in eigener Fabrik, sie ist also gänzlich unabhängig von anderen Lebewesen. Sie ist, wie man sagt, „autotroph“. Die Lebewesen, die zuerst auf unsrer Erdkruste, einerlei auf welche Weise, entstanden, müssen sich auch auf diese primitive Weise ernährt haben, sie müssen autotroph gewesen sein.

Stellen wir uns wieder die oben angegebene Salzlösung her und säen einige Keime eines Schimmelpilzes hinein. Wir nehmen dazu etwas von dem grünen Staub, der sich auf verschimmeltem Brot bildet, und der aus Millionen kleinster Zellen besteht, die, von dem Winde verweht, die Verbreitung des grünen Schimmels bewirken (siehe Fig. 28 Seite 74). Wir sehen vielleicht nach einigen Tagen zarte weiße Flöckchen in dem Wasser auftreten, ein Zeichen, daß die kleinen Zellen ausgekeimt und etwas gewachsen sind, doch bleibt es bei diesen dürftigen Anfängen. Der Schimmelpilz vermag sich offenkundig in diesem Medium nicht zu ernähren. Jetzt werfen wir ein Stückchen Zucker hinein und nach kurzer Zeit sehen wir üppigeres Wachstum der Flöckchen, bis sich die Oberfläche in der bekannten Weise mit einer Schimmeldecke überzogen hat. Diese wird aber ganz besonders dick, wenn wir auch eine Prise Pepton, d. h. eine stickstoffhaltige organische Substanz hinzufügen.

Unser Pilz ernährt sich also auf ganz andere Weise als die grüne Pflanze. Aus der Salzlösung allein und aus der Luft vermag er seine Körpersubstanz nicht aufzubauen. Man muß ihm noch Zucker und Pepton (oder etwas Ähnliches) bieten, d. h. er bedarf zu seiner Entwicklung organischer, von anderen Organismen stammender Stoffe. Er ernährt sich aus zweiter Hand, er ist, wie man sagt, „metatroph“.

Auch alle übrigen Pilze ernähren sich auf diese Weise. Wir treffen sie mithin gerade da, wo organische Massen sich zersetzen, wie z. B. in dem humösen Waldboden, auf Fruchtsäften usw., niemals in Boden, der frei ist von organischen Beimengungen. Ein gleiches gilt auch für die Bakterien, auch sie schmarotzen von den Resten anderer Lebewesen, und schließlich hat die gesamte Tierwelt diese schmarotzende, metatrophe Ernährungsweise. Sie frißt ja entweder Pflanzen oder wieder Tiere.

Um zum Beispiel einen Menschen zu ernähren, muß man ihm gerade so wie dem Schimmelpilze eine organische Kohlenstoff- und Stickstoffquelle bieten. Fette und Kohlehydrate einerseits und Eiweißstoffe andrerseits braucht er notwendig zu seiner normalen Ernährung.

Das Extrem dieser Ernährung aus zweiter Hand sind die Parasiten, die sich nur von den Säften lebender Organismen mästen können, wie im typischen Falle eine Anzahl der pathogenen Bakterien. Doch kommen wir auf diese Beziehung der Organismen untereinander später noch einmal in anderem Zusammenhange zu sprechen.

In letzter Instanz gehen also alle organischen Substanzen auf die Pflanzen zurück. Sie bauen sich aus gewissen Salzen und der Kohlensäure der Luft auf, und von hier aus bewegt sich der große Strom der organischen Stoffe durch die Lebewelt hindurch. Nun sterben aber fortwährend organische Wesen ab, und damit sinkt ununterbrochen organisches Kapital in die Erde zurück, und zwar als totes Kapital, da ja die grünen Pflanzen, wie wir sahen, nicht imstande sind, sich von organischen Stoffen zu ernähren. Da nun fernerhin die Menge derjenigen anorganischen Stoffe, die durch die grünen Pflanzen in den Kreislauf des Organischen hineingezogen werden, nur eine begrenzte ist, so müßte bald ein Mangel eintreten. Die Erde würde gerade so erschöpft werden wie ein Acker, auf dem man Jahr für Jahr baute, ohne zu düngen. Ein gewisser Teil der organisch fixierten Substanz wird allerdings fortwährend für die Pflanzen disponibel, das ist die Kohlensäure, welche Tiere und Pflanzen durch die Atmung an die Atmosphäre zurückgeben. Alles andere jedoch, die Leichen und auch die während des Lebens ausgeschiedenen unbrauchbaren Stoffe wie der Harn und die Exkremente, sind in dieser Form nicht wieder in den Kreislauf der organischen Stoffe einführbar.

An diesem toten Punkte setzen nun Bakterien und andere Mikroorganismen, namentlich die Pilze ein. Sie bemächtigen sich allgegenwärtig, wie sie sind, sofort, nachdem das Leben aus einem Organismus entflohen ist, seiner Leibesmasse, siedeln sich auf und in ihm an, zerstören die organischen Verbindungen, zertrümmern das Eiweißmolekül Stück für Stück, bis alles wieder in die mineralischen Bestandteile übergeführt ist, aus denen es in letzter Linie stammte, und die nunmehr wieder von der grünen Pflanze in den großen Kreislauf hineingerissen werden können. Aus dem Staube wächst die Lebewelt hervor und zu Staub muß sie wieder werden, damit neues Leben sich entwickeln kann.

Im schwarzen Schlamm der Gewässer, im Acker- und Waldboden, im Mist, überall, wo die Leichen von Pflanzen oder Tieren oder die Ausscheidungen der letzteren liegen, sind die Stätten dieser rastlosen Wirksamkeit zu suchen. Die vielen beteiligten Mikroorganismen arbeiten sich Hand in Hand, bis alles wieder dem Erdboden gleichgemacht ist. Nur ein geringer Teil wird als Nahrung in ihre Leibesmasse aufgenommen, das meiste zersetzen sie, ohne es zu verzehren.

Für alle die Elemente, die die organische Welt zusammensetzen, muß notwendigerweise ein solcher Kreislauf angenommen werden, wenngleich er für manche noch kaum aufgeklärt ist. Wir wollen im folgenden die beiden wichtigsten Elemente auf ihren Wanderungen und Wandlungen begleiten, nämlich den Stickstoff und den Kohlenstoff.

Der Prozeß, der den Stickstoff wieder aus der organischen Bindung herausreißt, ist die Fäulnis. Im typischen Falle versteht man darunter die Zersetzung der Eiweißstoffe durch Mikroorganismen. Eine alltägliche Erfahrung lehrt, daß Fleisch, sich selber überlassen, bald unter heftigstem Gestank sich zersetzt. In der fauligen Masse zeigt das Mikroskop Myriaden lebhaft beweglicher Stäbchenbakterien. Der Zertrümmerungsprozeß hat begonnen und schreitet unter Mithilfe einer Heerschar anderer Mikroben von Zwischenprodukt zu Zwischenprodukt weiter bis zu den Endprodukten, Ammoniak, freiem Stickstoff, freiem Wasserstoff, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff usw. Der Stickstoff der Eiweißkörper tritt also wieder als Ammoniak oder als freier Stickstoff zutage. Ebenfalls Ammoniak entsteht bei der Zersetzung des Harns durch spezifische harnzersetzende Bakterien, wir können also, wenn wir einmal den freien Stickstoff einen Moment außer

acht lassen, sagen, daß der gesamte organisch gebundene Stickstoff durch die Fäulnis als Ammoniak wieder frei wird.

Hier droht der Kreislauf jedoch ins Stocken zu geraten, da Ammoniak wohl von Pilzen aufgenommen werden kann, nicht aber von der grünen Pflanze. Abermals greifen bestimmte Bakterien rettend ein, und zwar die sogenannten nitrifizierenden Bakterien Sie leben überall im Erdboden und besitzen die Fähigkeit, dem Ammoniak Sauerstoff anzulagern und aus ihm so Salpetersäure zu machen, die dann gewöhnlich an Kali gebunden zu Salpeter wird. In allergrößtem Maßstabe ist dieser Prozeß in früheren Erdperioden in Chile vor sich gegangen, und von seinem Resultat zehrt ja noch heute die Landwirtschaft. Denn der Salpeter ist die Stickstoffquelle, die allein von der grünen Pflanze ausgenutzt werden kann, der Ammoniak ist wertlos für sie. Hieraus geht klar die fundamentale Bedeutung hervor, die die nitrifizierenden Bakterien für die Landwirtschaft und allgemein für die ganze Lebewelt besitzen.

Ein Teil des Stickstoffs geht, wie wir sahen, in die Atmosphäre zurück und damit für die Pflanzen verloren; denn der Stickstoff, der zu ca. 79% in unserer Atmosphäre enthalten ist, ist ihnen unzugänglich. Es müßte also die Menge des verwertbaren Stickstoffes zwar langsam, aber doch sicher abnehmen. Abermals greifen hier Bakterien besonderer Art ein, die wiederum im Boden leben. Sie vermögen den freien Stickstoff aus der Atmosphäre zum Aufbau ihrer Leibessubstanzen zu verwerten und ziehen auf diese Weise eine gewisse Menge gebundenen Stickstoffes in den Boden. Durch die Zersetzung solcher abgestorbenen Bakterien wird der Boden also an Stickstoff reicher. Ungeheure Reichtümer harren in der Luft ihrer Hebung, wenn man bedenkt, daß Deutschland jährlich 100 Millionen Mark für künstliche Düngung ausgibt. Aber das Kunststück, dies ungeheure jedermann gehörende Stickstoffmeer chemisch zu binden, das bringen eben nur diese kleinen Lebewesen fertig. Wer es etwa verstünde, sie ganz im großen zu züchten und sie zu noch intensiverer Tätigkeit zu bringen, könnte Carnegie mit Leichtigkeit den Rang ablaufen. Übrigens fehlt es nicht an mannigfachen Versuchen, den Luftstickstoff auf chemischem Wege zu Ammoniak zu oxydieren, doch ist eine Methode, diesen Prozeß in großem Maßstabe auszuführen, noch nicht entdeckt.

Außer den oben erwähnten, frei im Erdboden hausenden

stickstoffbindenden Bakterien gibt es noch andere, welche regelmäßig in Leguminosen, also in Klee, Lupinen, Erbsen, Bohnen usw. leben und ebenfalls Stickstoff aus der Luft reißen können. Sie bewohnen hier die kleinen Knöllchen, die wohl jedem aufgefallen sind, der einmal eine Lupinen- oder Erbsenwurzel genauer betrachtet hat. Nur hier, also im Zusammenleben mit einer höheren Pflanze, vermögen sie ihre nützliche Tätigkeit zu entfalten und bedingen so die allbekannte Fähigkeit der Leguminosen, in einem an Stickstoff äußerst armen, sandigen Boden üppigst zu gedeihen. Die Besprechung der Lebensgemeinschaften der Organismen wird uns Gelegenheit geben, auf diese eigenartigen Beziehungen zurückzukommen. (Siehe Seite 120).

Der Kohlenstoff, welcher in der Reihe der Organismen zirkuliert, muß in ganz ähnlicher Weise wie der Stickstoff der grünen Pflanze von neuem disponibel gemacht werden, d. h. er muß in der Form der Kohlensäure wieder in die Atmosphäre gelangen. Zum Teil geschieht dies schon während des Lebens der Tier- und Pflanzenwelt, indem fortdauernd durch die Atmung Kohlensäure gebildet wird. Ein andrer kleiner Teil wird durch Verbrennung wieder frei. Die Schornsteine der Fabriken und Wohnhäuser, die Maschinen hauchen mit ihrem Qualm fortwährend Kohlensäure aus. Soweit mit Kohlen geheizt wird, geben sie auf diese Weise ein Kapital an das Leben zurück, welches gleich einem vergrabenen Schatze unendlich lange Zeit unter der Erde brachgelegen hatte.

Aller übriger Kohlenstoff muß jedoch durch die Zersetzung abgestorbener Reste von Lebewesen wieder entbunden werden. Zum Teil geschieht dies schon bei der Fäulnis der Eiweißstoffe, bei denen ja auch Kohlensäure entsteht, aber in spezifischer Weise und größtem Umfange bei der Zersetzung der stickstoffreien Kohlenstoffverbindungen, die man als Gärung bezeichnet.

Die verschiedenen Zuckerarten, sowie Stärke, Zellulose usw. sind Stoffe, die durch niedre Lebewesen vergoren werden. Selten wird durch ein und dasselbe Lebewesen gleich die ganze vergärbare Substanz zu dem Endprodukt, der Kohlensäure, verarbeitet; es entstehen noch andere Zwischenprodukte, entweder allein oder neben der Kohlensäure, die dann ihrerseits wieder von anderen Lebewesen zersetzt werden, so daß wir auch hier wie bei der Fäulnis eine bunte Schar verschiedener Lebewesen gemeinsam an dem Zerstörungsprozeß der organischen Molekel arbeiten sehen. Nach

den auffälligsten Produkten pflegt man die Gärungen zu benennen, man spricht von Milchsäure-, Essigsäure-, Buttersäure-, Alkoholgärung usw. Für jede Art gibt es einen oder mehrere spezifische Gärungserreger, die entweder zu den Bakterien oder zu den Pilzen gehören.

Von der Milch- und Essigsäuregärung war früher schon die Rede. Die Eigenschaften der Buttersäuregärung kann jeder leicht studieren, wenn er sehr stärkehaltige Stoffe, wie z. B. Kartoffeln, in einer mit Wasser gefüllten Flasche einschließt und verhindert, daß der Sauerstoff der Luft hinzutreten kann. Die Flüssigkeit schäumt und riecht intensiv nach ranziger Butter. Eine Masse von Bakterien sind in ihr enthalten. Sie haben die Stärke zunächst in Zucker verwandelt und diesen dann unter Entwicklung von Kohlensäure zu Buttersäure vergoren.

Ebenso unter Ausschluß von Sauerstoff verläuft eine andere für den Naturhaushalt sehr wichtige Zersetzung, nämlich die der sonst so schwer angreifbaren Zellulose, des Wandstoffes der Pflanzenzellen. Im schwarzen Schlamm der Teiche, im Mist, im Ackerboden, im Darm der Pflanzenfresser, kurz überall, wo dichte Massen von Pflanzenresten sich befinden, unterliegt die Zellulose der Zersetzung durch bestimmte zellulosevergärende Bakterien. Das Sumpfgas, das aus dem Schlamm aufsteigt, ist das sichtbare Zeichen dafür. Außerdem entsteht Kohlensäure, Wasserstoff u. a. Übrigens haben sehr bedeutenden Anteil an der Zersetzung zellulosehaltiger Pflanzenstoffe auch einige Pilze, unter deren zerstörendem Angriff z. B. das Holz zu Moder vergeht.

Das Urbild der Gärungen ist die Alkoholgärung. Sie tritt ein, wenn zuckerhaltige Säfte sich selbst überlassen oder sicherer, wenn sie mit etwas Hefe versetzt werden. Dann beginnt bald die Flüssigkeit zu schäumen, kleine Kohlensäureblasen steigen auf und ein deutlicher Geruch nach Alkohol verbreitet sich. Der Urheber dieser Zuckerzerspaltung ist die Hefe, die schon früher geschildert war (S. 26). Überall in der Natur, wo es Zucker gibt, also vor allem bei der Zersetzung süßer Früchte, spielt sich diese Gärung ab und die Hefen sind demgemäß weit verbreitete Organismen. Aber nur einige sind von dem Menschen in Dienst genommen, nämlich die Bier- und die Weinhefe. Die erste vergärt den zuckerhaltigen Auszug keimender Gerste, die letztere den ausgepreßten Saft süßer Früchte, speziell der Trauben.

Dieser Prozeß der Alkoholbildung ist chemisch nicht ausführbar und es schien, als ob er, so wie viele andere in lebendigen Wesen verlaufende Chemismen, streng bedingt sei durch das Leben selber. Ganz neuerdings hat sich jedoch gezeigt, daß auch er einem Enzym zuzuschreiben ist und damit kommen wir auf diese wichtige Gruppe von Stoffen, von denen bereits früher andeutungsweise die Rede war, noch einmal zu sprechen.

Enzyme oder Fermente sind in lebendigen Zellen gebildete Stoffe, welche bestimmte chemische Umsetzungen bewirken können, ohne daß sie selbst in diesen Umsetzungen aufgehen. Läßt man Schwefelsäure auf Zink einwirken, so verändert sie das Zink; es entsteht Zinksulfat und Wasserstoff entweicht. Die Schwefelsäure als solche verschwindet jedoch dabei und der Prozeß kommt zur Ruhe, wenn alles Zink von der Schwefelsäure zersetzt ist. Die Enzyme jedoch geben mit den Stoffen, auf die sie einwirken, überhaupt keine Reaktion, vermögen infolgedessen ununterbrochen große Massen zu zersetzen, ohne selbst an Masse abzunehmen.

Einige Enzyme kannte man schon lange, wie z. B. das Pepsin des Magensaftes und das Trypsin der Pankreasdrüse. Beide lösen Eiweiß auf und machen es dadurch verdaulich. Ein anderes Enzym ist die Diastase, mit welcher die Pflanzen die Stärke in Zucker verwandeln und das sich besonders reichlich in keimenden Samen findet.

Es macht hier die unlösliche und schlecht transportable Stärke für die Ernährung disponibel. Alle diese Enzyme, zu denen noch eine ganze Anzahl anderer kommen, bewirken die spezifischen Umsetzungen auch im Reagenzrohre, wenn man sie aus den lebenden Organismen auszieht.

Auch den Alkoholgärungsprozeß kann man jetzt dergestalt von der lebenden Hefe loslösen. Preßt man Hefe unter sehr starkem Druck aus, so gewinnt man einen Preßsaft, welcher ebenfalls, wenn auch schwächer, Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt. Aus dem Preßsaft kann man weiterhin das Enzym heraussondern. In der „Zymase“, wie man es nennt, hat man den Hefezellen gewissermaßen das Handwerkszeug entrissen, mittels dessen es den scheinbar so vitalen Prozeß der Alkoholgärung bewirkt.

Daß eine solche Loslösung gewisser organisch-chemischer Prozesse aus dem unbekannten Wirrsal des Zellchemismus von der allergrößten Bedeutung ist, liegt auf der Hand. Überall regt

sich denn auch die Forschung, für andere vitale Funktionen der Zelle ebenfalls Enzyme ausfindig zu machen, um womöglich den Chemismus des Lebens in seine Komponenten aufzulösen. Und der Weg sieht hoffnungsvoll genug aus.

Wir haben einen etwas weitläufigen Gedankengang hinter uns. Die Bakterien und Pilze, sagten wir, haben eine äußerst wichtige Mission zu erfüllen. Die aus Bestandteilen des Mineralreiches im Ernährungsprozeß der grünen Pflanzen zusammengesetzten und von da im großen Fluß des Lebendigen weiterströmenden organischen Stoffe müssen sie wieder durch Fäulnis und Gärung in die Luft oder in den Schoß der Mutter Erde zurückführen. Dabei berührten wir mehrfach die Atmung, indem wir z. B. sahen, daß schon durch das lebende Wesen selbst, indem es atmet, wieder organische Substanz zersetzt wird. Dieser Prozeß der Atmung ist so wichtig für die Auffassung des organischen Lebens, daß wir etwas genauer uns mit ihm beschäftigen müssen.

---

## 7. Kapitel.

### Die Atmung der Tiere und Pflanzen. Die Schwefelbakterien. Aerobe und anaerobe Lebewesen. Licht- und Wärmebildung. Meeresleuchten.

Leben und Atmen gehören auch in der Vorstellung des Laien unzertrennlich zusammen. Der dichterischen Phantasie stellt sich die organische Lebewelt unter dem großen Gesamtbilde eines gewaltigen, die Natur durchziehenden Atmens dar.

In der Tat ist kein Leben ohne Atmung möglich. Es fragt sich nur, was man allgemein unter Atmung versteht, und welchen Sinn sie hat.

Wir hatten bei der Erörterung des Stoff- und Kraftwechsels in den lebendigen Organismen gesehen, daß die Ernährung zweierlei Aufgaben hat, nämlich einmal, das Baumaterial für den wachsenden Organismus zu liefern, und dann, ihn fortdauernd mit dem nötigen Betriebsmaterial zu versehen. Wir müssen wieder auf das Beispiel der Maschine hinweisen. Nur so lange, als Kohlen unter ihrem Dampfkessel verbrannt werden, geht und arbeitet sie. Genau so ist es bei den Lebewesen: nur solange

mit Energiegewinn verbundene chemische Prozesse in ihrem Körper unterhalten werden, können sie die Leistungen vollbringen, die das Leben ausmachen und je intensiver diese sind, desto mehr Energie muß gewonnen werden. Alle die chemischen Prozesse nun, die in lebenden Organismen verlaufen, um diesen Energiegewinn zu erzielen, fassen wir als Atmung im weitesten Sinne zusammen.

Der Vergleich mit dem Betriebe einer Dampfmaschine ist nach zwei Seiten hin sehr zutreffend für die Hauptmasse der Lebewesen. Auch bei ihnen besteht die Atmung in einem Verbrennungsprozeß, dessen gasförmiges Endprodukt Kohlensäure ist. Sauerstoff wird aufgenommen, Kohlensäure wird ausgeschieden.

Beim Atmen kommt es also darauf an, den Sauerstoff aus der Umgebung (aus der Luft, oder aus dem Wasser) in Berührung mit den Geweben zu bringen und wie dies erreicht wird, ist bei den verschiedenen Lebewesen sehr verschieden. Bei einer Amöbe diffundiert der in dem Wassertropfen enthaltene Sauerstoff einfach in das Innere des Plasmas. Diese den niedersten Wassertierchen eigentümliche Art der Atmung deckt sogar noch bei manchen Amphibien einen großen Teil des Sauerstoffbedarfs. Sie atmen noch zum Teil durch die Haut.

In dem Maße, als der Körper aus kompakteren Gewebsmassen besteht, wird diese „Hautatmung" immer ungenügender. Das sauerstoffhaltige Medium muß in möglichst innige Berührung mit den zirkulierenden Körpersäften, speziell mit dem Blut kommen, das dann den weiteren Transport des Sauerstoffes in die verschiedenen Bezirke übernimmt, und schließlich, wo diese besonderen Sauerstoffaufnahmeorgane ins Innere des Körpers verlagert sind, müssen Pumpbewegungen das Heranströmen des sauerstoffhaltigen Mediums ermöglichen.

Die Krebse haben Kiemenbüschel an den Beinen, die Tintenfische in ihrer Mantelhöhle, in die sie das Wasser hineinpumpen. Die Fische verschlucken das Wasser und lassen es durch die Kiemenbogen hindurch wieder nach außen treten; bei den Insekten dringt die Luft in kleine Öffnungen ein, deren zwei an jeder Seite der Leibesringe sich befinden, und strömt in ein reich verzweigtes System von Kanälen, die sie zu allen Organen führen. Die Landwirbeltiere schließlich pumpen durch rhythmische Erweiterung und Verengerung der Brusthöhle die Luft in einen letztere ausfüllenden Sack, dessen Oberfläche mit einem Netz dünnster Äderchen

überzogen ist. Das Prinzip ist überall: möglichst weite Verbreitung des Sauerstoffes im ganzen Körper. Damit ist auch schon angedeutet, wo denn eigentlich die Atmung stattfindet. Nicht in der Lunge, nicht im Blut, sondern in den Zellen des Körpers findet der eigenartige Oxydationsprozeß statt. Das Blut transportiert den Sauerstoff nur. Er ist locker an den roten Farbstoff der roten Blutkörperchen, das sogenannte Hämoglobin, gebunden und wird an die Zellen, die das Blut umspült, abgegeben. In den Zellen finden die mit Energiegewinn verlaufenden chemischen Vorgänge statt. Das gasförmige Produkt, das dabei entsteht, die Kohlensäure, wird auf ähnliche Weise, wie der Sauerstoff hineinkam, wieder nach außen geschafft. Bei den Wirbeltieren verläßt er mit der ausgeatmeten Luft den Körper, bei der Amöbe diffundiert er einfach ins umgebende Wasser. Nun ist aber die Kohlensäure nicht das einzige Endprodukt dieses Betriebsstoffwechsels, der in dem Zerfall organischer Substanz besteht. Durch besondere Exkretionsorgane, die Nieren, werden noch andere Endprodukte nach außen abgegeben, wie die Harnsäure, der Harnstoff usw.

Bei diesen Auseinandersetzungen war gar nicht die Rede von den Pflanzen. Atmen sie auch? Daß sie es wirklich tun, zeigt ein einfacher Versuch. Einen hohen Glaszylinder füllen wir zur Hälfte mit Blumen, schließen ihn und lassen ihn längere Zeit stehen. Führen wir dann ein brennendes Licht hinein, so erlischt dies. D. h. aber: es ist der Sauerstoff fast vollkommen verbraucht. Würden wir zu unserem Versuch grüne, chlorophyllhaltige Blätter gewählt und den Zylinder am Licht gehalten haben, so würde der obige Effekt nicht eingetreten sein. Damit ist schon erklärt, weshalb man an grünen Pflanzen gewöhnlich von der Atmung nichts nachweisen kann. Atmung und Kohlensäureassimilation arbeiten nebeneinander. Die bei der Atmung gebildete Kohlensäure wird sogleich bei der Assimilation gebraucht und das Ausscheidungsprodukt der letzteren, der Sauerstoff, wird bei der Atmung wieder aufgenommen, doch nur zum Teil, der Überschuß wird ausgeschieden, so daß also grüne Pflanzen im Licht gar keine Kohlensäure, sondern nur den aus dem Assimilationsprozeß stammenden Sauerstoff an die Luft abgeben. Farblose Pflanzen, wie z. B. Pilze, zeigen den Atmungsprozeß in voller Reinheit, ja die ausgeschiedene Menge Kohlensäure ist sogar bei einigen im Verhältnis zur Körpermasse viel größer als bei

dem Menschen, sie atmen also ganz besonders energisch. Atmungsorgane fehlen bei den Pflanzen, wenn man nicht die eigenartigen Wurzeln der sogenannten Mangrovepflanzen als solche deuten will, die kräftigen Spargeln gleich aus dem Schlamm, in dem diese Bäume wachsen, an die Luft emporbringen. Der Sauerstoff strömt entweder wie bei den Algen und Pilzen überall hinein, oder aber er tritt wie bei den höheren Landpflanzen durch kleinste Poren der Blätter und Stengel ein, also auf demselben Wege wie die Kohlensäure. Die Gase verbreiten sich im Inneren der Gewebe durch ein System feiner, zusammenhängender Lücken, die zwischen den Zellen freigelassen sind. Die eigentliche Atmung findet auch bei den Pflanzen im Innern der Zellen statt. Nur arbeiten die Pflanzen im allgemeinen viel ökonomischer, sie vermögen die bei der Atmung entstehenden Zerfallsprodukte der organischen Stoffe wieder zum Aufbau zu verwenden. Das gilt sogar, wenigstens bei den grünen Pflanzen, solange sie beleuchtet sind, für die Kohlensäure, so daß die letzteren in der Tat überhaupt fast keine Exkrete abgeben.

Allerdings haben die grünen Pflanzen aber auch einen sehr großen Vorteil vor allen anderen Lebewesen. Es steht ihnen eine Energiequelle zu Gebote, die sie nicht eigens sich zu beschaffen brauchen, nämlich die Energie des Lichtes, mit Hilfe welcher sie, wie wir früher sahen, die Kohlensäure zerlegen.

Wie nun die bei der Atmung gewonnene chemische Energie im Organismus zu seinen Leistungen umgewandelt wird, das ist in Dunkel gehüllt, auch ist unbekannt, welche chemischen Umsetzungen im Plasma bei der Atmung verlaufen. Überhaupt läßt sich die Atmung aus dem großen Stoff- und Kraftwechselprozeß im Organismus nicht reinlich loslösen. Wir nehmen nur, weil wir Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe überall beobachten, aus formellen Gründen einen besonderen Prozeß an, den wir als Atmung begrifflich aus dem Gewirr des lebendigen Stoffwechsels herausheben, ohne ihn jedoch in allen Stadien zu kennen. Man weiß nur, daß bestimmte Bestandteile des Zellinhaltes bei der Atmung angegriffen, „veratmet" werden, und daß diese fortdauernd durch Ernährung ersetzt werden müssen. In erster Linie ist hier an Fette und Kohlehydrate (Stärke, Zucker usw.) zu denken, die die Lebewesen veratmen. Doch gibt es auch Organismen, die, so unbegreiflich es zunächst klingen mag, sogar anorganische Stoffe in ihrem Betriebsstoffwechsel verbrauchen. Sie können Schwefel veratmen.

Das sind die sogenannten Schwefelbakterien, welche als zarte weiße oder rötliche Anflüge auf faulenden Blättern und Stengeln in stinkenden Sumpfwässern, ganz besonders üppig aber in Schwefelquellen gedeihen. Sie oxydieren den Schwefelwasserstoff zu Schwefel und speichern ihn, gerade so wie die grüne Pflanze die Stärke, in ihren Zellen in Form kleiner Körnchen auf. Von diesem Vorrat zehren sie, indem sie den Schwefel weiter zu schwefliger und zu Schwefelsäure oxydieren. Sie „veratmen" ihn und da die Verbrennung von Schwefel zu Schwefelsäure erhebliche Mengen Energie freimacht, stellt diese Schwefelveratmung eine Energiequelle für sie dar. In Figur 16 sind 3 Arten dieser interessanten Lebewesen dargestellt. Die runden Körnchen (s) bestehen aus Schwefel.

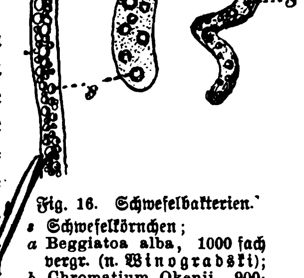



Fig. 16. Schwefelbakterien.
s Schwefelkörnchen;
a Beggiatoa alba, 1000 fach vergr. (n. Winogradski);
b Chromatium Okenii, 900fach vergr. (nach Zopf);
c Spirillum sanguineum, 660fach vergr. (nach Warming).

In allen Fällen, mag es sich um die Oxydation von Schwefel oder von organischen Substanzen, speziell der Fette und Kohlehydrate handeln, liegen Prozesse vor, die mit starker „positiver Wärmetönung" verlaufen, d. h. bei denen bedeutende Quantitäten Wärme frei werden. Bei den Pflanzen und wechselwarmen Tieren (Reptilien, Fischen, Amphibien usw.) ist diese Wärmeproduktion nicht in den Dienst des Organismus gestellt mittels besonderer Einrichtungen zu ihrer Aufspeicherung. Sie zeigen die Temperatur der Umgebung. Anders jedoch bei den Warmblütern, bei denen es durch sehr intensive Atmung und Zurückhaltung der Wärme auf die genaue Erhaltung einer bestimmten Körpertemperatur (ca. 38° bei den Säugetieren, bei Vögeln 6—8° mehr) abgesehen ist. Sie sind auf diese Weise ganz unabhängig von den Schwankungen der Außentemperatur geworden, die unvermeidlich alle Lebensprozesse beeinflußt.

Daß auch pflanzliche Organismen unter Umständen meßbare Mengen von Wärme produzieren, zeigt sich z. B. in den Blüten der Arongewächse, die sich oft schon dem bloßen Gefühl als merklich warm, kundgeben. Gewöhnlich aber wird infolge der enormen Oberfläche des Pflanzenkörpers die Wärme so rasch an

die umgebende Luft abgegeben, daß eine meßbare Temperatursteigerung nicht eintritt. Nur wenn lebende Pflanzenteile in großen Mengen zusammengehäuft werden, steigt im Innern dieser Haufen die Temperatur, wie zum Beispiel in aufgehäufter keimender Gerste. Besonders eklatant wird die Temperatursteigerung in dicht gepackten Haufen von feuchten Pflanzenstoffen wie Heu, Mist, Tabak, Baumwollabfällen. Hier erreicht die Temperatur ganz rasch eine Höhe von 70° und mehr, so daß man die Hand nicht mehr hineinstecken kann. Sie wird erzeugt durch die Atmungstätigkeit von Pilzen und Bakterien ganz spezifischer Art, die in den Pflanzenmassen leben, und kann aufgespeichert werden, weil sie durch die schlecht wärmeleitenden Pflanzenstoffe zurückgehalten wird.

Sauerstoff ist bei den Organismen, die wir bisher betrachteten, die Bedingung der Atmung. Fehlt er, so hören die Atmung und bald auch die Lebensäußerungen auf. Ein Mensch in einem Keller, der mit Kohlensäure angefüllt ist, erstickt; eine Amöbe, die in einem Wassertropfen herumkriecht, hört auf sich zu bewegen, sobald wir den Sauerstoff entziehen; gleicherweise hört das fesselnde Schauspiel des strömenden Plasmas in den Haarzellen der Springgurke (siehe S. 12) bei Sauerstoffabschluß sofort auf.

So scheint es, als ob der Satz: „Kein Leben ohne Atmung" auch lauten könnte: „Kein Leben ohne Sauerstoff". Und doch ist er grundfalsch, und wie man sich erinnern möge, haben wir auch in unserer oben (S. 40) gegebenen Definition der Atmung die Beziehung zum Sauerstoff noch offen gelassen, sondern nur von chemischen Prozessen gesprochen, die mit Energiegewinn verlaufen. Nun sind die Verbrennungsvorgänge keineswegs die einzigen chemischen Prozesse, bei denen Energie gewonnen werden kann. Welche ungeheure Menge Energie wird entbunden, wenn z. B. Nitroglyzerin, (Dynamit) explodiert, und doch wird bei diesem Zerfall der Moleküle kein Sauerstoff von außen aufgenommen!

Ähnlich, natürlich nur im weitesten Sinne, müssen die Umsetzungen sein, die im Plasma gewisser Organismen vor sich gehen, die imstande sind, ihre Energie ohne den freien Sauerstoff der Luft zu gewinnen.

Unter den Bakterien gibt es eine ganze Anzahl, die ohne Luftsauerstoff gedeihen, ja denen sogar der Sauerstoff ein Gift ist. Und doch leben und atmen sie. In fauligen Jauchen, im Darm, im Schlamm der stehenden Gewässer, in faulenden Kadavern ist

bald aller Sauerstoff verschwunden und kann auch kaum von der Luft hineingelangen. Trotzdem wimmelt es gerade hier von Bakterien. Figur 17 stellt z. B. eine Reinkultur eines anaeroben Bakteriums dar. Durch einen Stich sind die Bakterien in die feste Nährgallerte hineingeimpft (siehe Seite 25). Sie haben sich nun nur im mittlereren und unteren Teil des Impfkanals entwickelt, d. h. da, wohin der Sauerstoff nicht hindringt. Einige der wichtigsten Fäulniserreger, sowie die Buttersäuregärer, die Zellulosezersetzer usw. (siehe S. 37) vermögen ohne Sauerstoff zu leben, ja sie können sogar nur ohne ihn leben. Auch die Hefe lebt, wenn sie in üppiger Gärtätigkeit am Boden der Gärbottiche liegt, vollkommen ohne freien Sauerstoff. Gerade in der Gärung finden alle diese Organismen eine Energiequelle, die ihnen die Verbrennung ersetzt. Statt einer Verbrennungsatmung haben sie eine Gärungsatmung. Kohlensäure entwickeln auch sie alle, daneben aber in großen Mengen andere Stoffe, die aus der Zersetzung hervorgehen und die zum Teil schon früher erwähnt wurden (Alkohol, Buttersäure usw).

Fig. 17.
Ein Reagenzröhrchen mit Gelatine, in welche durch einen Stich eine anaerobe Bakterienart hineingeimpft ist. Nur im mittleren und unteren Teile des Stichkanals haben sich die Bakterien vermehrt, oben an der Oberfläche der Gelatinemasse hat der Sauerstoff das Wachstum verhindert.

Die Beziehung der Organismen zum Sauerstoff führt uns also zu der Unterscheidung dreier großer Gruppen. Die erste besteht aus denjenigen Organismen, die den freien Sauerstoff unbedingt nötig haben. Sie werden als Aerobe bezeichnet. Die zweite Gruppe wird von einigen niederen Lebewesen gebildet, die nur ohne Sauerstoff leben können. Es sind die Anaeroben. Die Organismen der dritten Gruppe schließlich sind imstande, sowohl mit als auch ohne Sauerstoff zu existieren. Zu ihnen gehört z. B. die Hefe.

Mit der Sauerstoffatmung der aeroben Lebewesen steht ein Phänomen in einem gewissen Zusammenhang, das bei sehr verschiedenen Lebewesen angetroffen wird, nämlich das Leuchten. Es ist ein Vorgang, der an das Leben und an den Sauerstoff gebunden ist. Jedem sind die Glühwürmchen aus eigener Erfahrung bekannt. Ganz besonders interessante Leuchtwesen aber beherbergt das Meer.

Aus seinen größten Tiefen hat das Tiefseenetz abenteuerliche Fische und Krebse ans Licht gezogen, die an verschiedenen Stellen des Körpers Leuchtorgane besitzen. Leuchtend durchstreichen sie die ewig finstern Jagdgründe der Tiefe nach Beute. Aber auch die oberflächlichen Schichten sind reich an leuchtenden Organismen. Kleine Krebschen, Quallen, Feuerwalzen, vor allem aber gewisse Protozoen, einzellige Lebewesen, lassen das Meer in Millionen von größeren und kleineren Lichtfunken erstrahlen, besonders dann, wenn es bewegt ist. Das gleichmäßige, ruhige, mondlichtähnliche Leuchten wird durch Bakterien hervorgerufen. Eins von ihnen ist allmählich auch ins Binnenland gewandert, und zwar verschleppt durch tote Seefische. Grüne Heringe und Schellfische leuchten meist prachtvoll im Dunkeln. Sie sind mit dem Leuchtbakterium dicht besetzt. Doch auch Fleisch, Würste, Kartoffeln leuchten oft in grünlichem Lichte, da sich jenes marine Leuchtbakterium auch sehr oft auf ihnen ansiedelt. Mit Reinkulturen dieses Bacterium phosphoreum kann man besonders intensives Leuchten hervorrufen und leicht konstatieren, daß es vom Sauerstoff abhängig ist. Auch Pilze vermögen zu leuchten, so vor allem sendet das Fadengeflecht, mit dem unser gewöhnlicher Hallimasch (Agaricus melleus) morsche Baumstümpfe durchwuchert, Licht aus; sie erglimmen nachts in weißlichem Lichte.

---

## 8. Kapitel.

**Das Sinnesleben der Organismen. Reizbarkeit. Reizvorgänge. Sinnesleben niederster Lebewesen, Heliotaxis, Chemotaxis. Heliotropismus und Geotropismus bei Pflanzen. Die Vervollkommnung des Rapportes mit der Außenwelt.**

Der fortwährende Zusammenhang mit der Umgebung, das stete Einstellen auf neue Bedingungen ist, wie wir eingangs erörtert hatten, die hervorstechendste Eigentümlichkeit des Lebens. Ja das Leben konnte sogar geradezu als dies Abgestimmtsein der im Innern eines Systems ablaufenden Vorgänge auf äußere gleichzeitig verlaufende definiert werden.

Die Fähigkeit alles Lebendigen, auf Einwirkungen von außen mit eigenartigen Gegenwirkungen zu antworten, wird als Reizbarkeit

bezeichnet, die äußeren Einwirkungen sind die Reize. Man kann also auch das Leben direkt als Reizbarkeit definieren, nur Lebewesen sind reizbar, tote Gegenstände nicht. Wodurch unterscheidet sich nun aber das Verhältnis „Reiz — Reaktion" von dem Verhältnis „Ursache — Wirkung", wie es in der Physik gilt?

Nehmen wir zwei Keimlinge von einer Bohne, die eben einen jungen Sproß nach oben und eine Wurzel nach unten entwickelt haben, töten den einen etwa durch Chloroformdämpfe ab und befestigen beide in der Mitte, so daß sie wagerecht orientiert sind. Der tote Keimling verhält sich wie ein Stab, den man in der Mitte befestigt hat und horizontal hält. Die beiden freien Enden biegen sich unter dem Einfluß der Schwerkraft mehr oder weniger weit nach abwärts. Der lebendige Keimling daneben scheint sich, was die Wurzel anbelangt, ähnlich zu verhalten, auch sie biegt sich allmählich abwärts, jedoch viel weiter bis sie genau senkrecht steht, und ferner selbst dann, wenn man sie unterstützen würde. Der Sproß aber macht gerade das Gegenteil, er krümmt sich aufwärts. In beiden Fällen ist die äußere Einwirkung die Schwerkraft, der Erfolg ist jedoch ein ganz verschiedener. Die beiden Enden des toten Keimlings biegen sich nach Maßgabe ihrer Dehnbarkeit ein Stück weit nach unten und verharren sodann in dieser Lage. Aus Länge, Form, Gewicht, Dehnbarkeit kann man vorhersagen, welche Wirkung die Schwerkraft haben wird, wie weit sich die Enden biegen. Dies läßt sich bei dem lebenden Keimling nicht bestimmen. Die äußere Einwirkung, die Schwerkraft, steht in gar keinem übersehbaren Verhältnis zu der Gegenwirkung. Die Wurzel krümmt sich, ob lang oder kurz, dick oder dünn, lotrecht nach abwärts, und der Sproß tut gerade das Gegenteil, er strebt lotrecht nach oben. Noch auffallender aber wird der Unterschied, wenn wir die wagerechte Wurzel in die Nähe einer recht feuchten Tonplatte bringen. Sie folgt dann überhaupt nicht mehr der Schwerkraft, sondern krümmt sich nach dem Feuchten.

Also im einen Fall wirkt die Schwerkraft auf einen leblosen Körper. Die „Wirkung" steht in einfachem Verhältnis zur „Ursache", erfolgt immer in derselben Weise und ist mathematisch genau bestimmbar. Im zweiten Falle „reizt" die Schwerkraft im Lebewesen; die „Reaktion" steht zum „Reiz" in keinem einfachen, mathematisch faßbaren Verhältnis, sie erfolgt an verschiedenen Stellen verschieden und ist unter besonderen Bedingungen ab-

änderbar. Im ersten Falle wirkt die Schwerkraft auf einen stabilen physikalischen Körper, im zweiten trifft sie auf einen überaus labilen komplizierten Mechanismus, das lebende Plasma, in dem die mannigfachsten Kräfte schlummern. Deshalb kann ein und derselbe Reiz zu gewissen Zeiten gar keine, zu andern sehr große Wirkungen hervorrufen, auf verschiedene Arten, Individuen, ja auf verschiedene Zellen desselben Individuums ganz verschiedene Effekte veranlassen; ein ganz geringfügiger Reiz kann die gewaltigsten Kraftleistungen auslösen.

Mit diesem Worte „auslösen" ist eine neue Beleuchtung der Sachlage gegeben. Die Reizvorgänge sind „Auslösungsvorgänge". Die Reize lösen das im Lebewesen vorhandene Spielwerk aus, und da dies nicht eine fixe Struktur darstellt, sondern durch tausendfältige Innenbeziehungen veränderlich und zudem nach Art, Individuum und Ort verschieden ist, so erklären sich zur Genüge die unberechenbaren Wirkungen.

Übrigens sind solche Auslösungsvorgänge nicht ohne Beispiel bei anorganischen Geschehnissen, wie sich ja überhaupt ein prinzipiell durchgreifender Unterschied zwischen künstlichen und organischen Mechanismen nicht aufstellen läßt. Wenn z. B. der Eröffner einer Ausstellung auf einen Knopf drückt und in dem Moment durch elektrische Übertragung Böllerschüsse erdröhnen, Springbrunnen sprudeln, Musikwerke spielen, Maschinen arbeiten, so steht der Druck in gar keinem Verhältnis zu den verschiedenartigen Wirkungen. Er löst nur die in der Bauart der verschiedenen Mechanismen ruhenden Spannkräfte aus.

In diesem Sinne sind alle Vorgänge in einem Organismus Reizvorgänge. Sie beruhen auf einer reizbaren Struktur des Plasmas. Doch sind nur die Reizvorgänge unserer Beobachtung zugänglich, die eine sichtbare Gegenwirkung des Organismus erkennen lassen, und an diese denkt man vornehmlich, wenn man von Reizvorgängen spricht. Damit zunächst irgendeine äußere Ursache zu einem Lebewesen in Beziehung treten kann, muß dies einen „Sinn" dafür haben. Dieses Wort ist jedoch nur in seiner allgemeinsten Bedeutung zu verstehen. Das Lebewesen muß den Reiz „aufnehmen" oder, wie man auch sagen könnte, „wahrnehmen". Dadurch wird ja eine äußere Ursache überhaupt erst zum Reiz. Das ist nicht selbstverständlich; uns geht für manche Einwirkungen der Außenwelt, wie zum Beispiel für die elektrischen Wellen, das Wahrnehmungsvermögen ab. Daß das Sinnesleben nicht

notwendig an besondere Organe und Nerven gebunden ist, sondern daß letztere erst nach dem Prinzip der Arbeitsteilung geschaffene, raffinierte Ausgestaltungen allgemeinster im Plasma schlummernder Fähigkeiten sind, zeigen die einfach organisierten niederen Lebewesen, mit denen wir uns infolgedessen in erster Linie zu befassen haben.

Schon ein so einfaches Klümpchen Protoplasma, wie es eine Amöbe ist, zeigt ganz typische Reizerscheinungen. Prallt z. B. ein daherschießendes Infusor an einen ihrer ausgestreckten Fortsätze an, so zieht sie ihn ein. Sie hat die Berührung auch ohne Tastnerv wahrgenommen. Jener gestaltlose, aus unzähligen amöbenähnlichen Einzelwesen zusammengesetzte Schleim, von dem früher die Rede war, die Lohblüte, wird zu gewissen Zeiten veranlaßt, aus dem Moder des Waldbodens ans Licht zu kriechen. Das Licht wirkt als Reiz auf den Schleimpilz, so daß er mit Sicherheit den Weg zum Tageslicht findet, und zwar ohne Augen. Zuzeiten sind Dorfteiche, Pfützen ganz grün gefärbt. Ein Tropfen davon zeigt sich unter dem Mikroskop erfüllt von kleinsten, bläschenförmigen Zellen, die einen grünen Chlorophyllkörper besitzen und sich mittels zweier an einem Ende befestigter

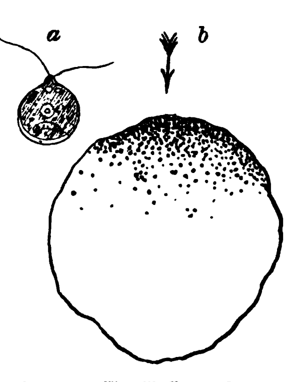



Fig. 18. Ein Wassertropfen, in welchem sich grüne Chlamydomonaden an der Lichtseite angesammelt haben. Die schwarzen Punkte stellen die Algen dar, der Pfeil bezeichnet die Richtung des einfallenden Lichtes. *a* eine einzelne mit zwei Rudergeißeln versehene Chlamydomonas, stärker vergr. (*a* nach Goroschankin.)

Geißeln lebhaft herumtummeln. Es sind sogenannte Chlamydomonaden (siehe Fig. 18, *a*). Läßt man ein Glas, gefüllt mit dem grünen Wasser, am Fenster stehen, so bildet sich bald auf der dem Licht zugewandten Seite ein dichter grüner Überzug. Bringen wir einen Tropfen auf eine kleine Glasscheibe und betrachten ihn unter dem Mikroskop, so sehen wir die grünen Bläschen stracks nach dem Rande des Tropfens hinschwimmen, von wo die Lichtstrahlen einfallen und sich hier ansammeln (siehe Fig. 18, *b*). Die Schwärmer sind alle dem Licht zugeeilt und haben dies auch ohne Augen gekonnt. Betrachten wir einen Tropfen aus einem Gefäß, in dem wir eine Handvoll Heu in Wasser haben faulen lassen,

unter dem Mikroskop, so sehen wir Schwärme eines anderen niederen Lebewesens, welches erheblich größer als die grünen Chlamydomonaden und etwa 60mal so groß als ein Bakterium ist (vergl. Fig. 19). Der einzellige Körper ist länglich, eiförmig, farblos und mit einem Kleide feiner Wimpern bedeckt, durch deren Ruderbewegung das Tierchen schwimmt. Es heißt Paramaecium. Befindet sich zufällig ein Flöckchen zerfaulten Heus im Tropfen, so wird dies bald von den Paramäzien umringt, immer mehr kommen dazu, so daß schließlich ein lebhaftes Gedränge um die Beute entsteht, etwa so, wie Fische von allen Seiten zusammenschießen, wenn man einen Brocken ins Wasser wirft. Besonders hübsch läßt sich diese Erscheinung bei Bakterien demonstrieren. Wenn man ein haardünnes, an einem Ende zugeschmolzenes Glasröhrchen (siehe Fig. 20, *r*) mit einer Lösung von Fleischextrakt, also einem von den Bakterien sehr geschätzten Stoff anfüllt und es dann in einen Wassertropfen hineinlegt, in welchem sich gleich einem tanzenden Mückenschwarm Myriaden beweglicher Fäulnisbakterien herumtummeln, so genießt man folgendes fesselnde Schauspiel. Vor der Mündung des Haarröhrchens bildet sich bald eine Ansammlung von Bakterien, die immer dichter wird. Allmählich dringt der aufgeregt durcheinanderwimmelnde Schwarm in das Röhrchen ein, das schließlich von einem dichten Bakterienpfropf erfüllt ist. Der ins Wasser sich verbreitende „reizende" Stoff hat die Bakterien von allen Seiten angelockt, sie haben ihn wahrgenommen, und nicht nur das, sie haben auch eine Empfindung für die Richtung gehabt, aus der das Reizmittel kam. Ja, sie besitzen sogar ein Unterscheidungsvermögen für verschiedene Stoffe, wie sich neuerdings gezeigt hat.

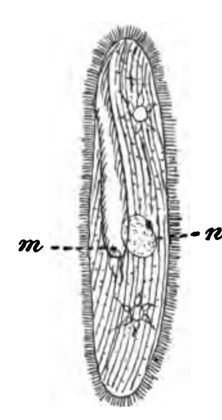



Fig. 19. Paramaecium caudatum, ein einzelliges Wimperinfusor, 230fach vergr. (Nach Bütschli.) Eine Furche führt zur Mundöffnung *m*; *n* Zellkern.

Paramäzien wie Bakterien haben keinerlei erkennbare Geruchs- oder Geschmacksorgane. Ohne Sinnesorgane leisten sie dasselbe wie ein mit feinem Geruchssinn begabter Spürhund, der auf der Fährte ist, oder wie eine Fliege, die aus der Ferne zu einem Aas angelockt wird.

Auch die höheren Pflanzen, deren leidenschaftsloses, ruhiges

Vegetieren leicht den Anschein von Empfindungslosigkeit erweckt, sind ebenso reizbar wie die Tiere, wenngleich ihre Reaktionen weniger mannigfaltig und energisch sind. Da sie im Boden festgewachsen und folglich ohne Ortsbewegung sind, auch im allgemeinen keine rasch zusammenziehbaren Gewebe, vergleichbar den Muskeln der Tiere, besitzen, ermangeln ihre Reaktionen auf Reize der Außenwelt der auffälligen Raschheit und stellen meist nur ein langsames Sicheinstellen auf neue Bedingungen des Milieus dar. Auch ist es nur ein kleiner Teil der Umgebung, für den die Pflanze einen „Sinn" hat.

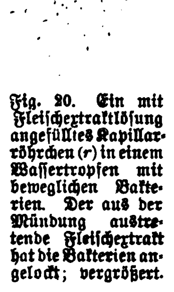



Fig. 20. Ein mit Fleischextraktlösung angefülltes Kapillarröhrchen (r) in einem Wassertropfen mit beweglichen Bakterien. Der aus der Mündung austretende Fleischextrakt hat die Bakterien angelockt; vergrößert.

Besonders für das Licht sind die Pflanzen empfindlich und müssen es sein, da ja, wenigstens für die grünen Pflanzen, das Licht die notwendige Bedingung für die Kohlenstoffgewinnung bei der Kohlensäureassimilation ist. So suchen die grünen wachsenden Pflanzenstengel das Licht auf, sie nehmen die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen wahr und krümmen sich der Lichtquelle zu. Diese Erscheinung, die man als Lichtwendigkeit oder Heliotropismus bezeichnet, kann jeder aufmerksame Beobachter an Zimmerpflanzen studieren, die in der Nähe des Fensters stehen. Alle jungen wachsenden Spitzen der Topfgewächse haben sich nach dem Fenster zu gekrümmt, sie streben aus dem Halbdunkel des Zimmers nach der Helligkeit des Fensters. Besonders schön offenbart sich der Heliotropismus, wenn eine dichte Kultur junger Sämlinge, etwa von Kresse oder Gras, einseitiger Beleuchtung ausgesetzt wird. Jedes Pflänzchen weist genau nach dem Licht, so daß der ganze kleine Wald wie gekämmt erscheint, wie dies die Figur 21 veranschaulicht, die einen einseitig beleuchteten Topf mit Gerstenkeimlingen darstellt.

Schon das Beispiel des Schleimpilzes zeigte, daß auch farblose Wesen lichtempfindlich sein können. Einige Schimmelpilze sind sogar sehr empfindlich für die Richtung des einfallenden Lichtes. Das Fadengeflecht der Pilze, das sogenannte Myzelium, liebt freilich das Dunkle und wuchert in verwesenden Pflanzenresten, die Fruchtkörper jedoch kommen an die Luft und wachsen

bei manchen Arten genau dem Lichte zu. Mit welcher Genauigkeit dies geschieht, zeigt das Beispiel eines kleinen Schimmelpilzes (Pilobolus crystallinus), der sich gern auf Pferdemist ansiedelt. Er entwickelt an der Oberfläche einen Rasen dünner Härchen, an deren Spitze eine kleine Kugel sitzt, die mit den Fortpflanzungszellen, den Sporen, gefüllt ist. Die ganze Kugel kann mittels einer besonderen Vorrichtung fortgeschleudert werden. Bringt man nun eine Kultur dieses Pilzes in ein Kästchen, welches nur ein Glasfensterchen besitzt, im übrigen aber lichtdicht ist, so wird man das letztere nach einiger Zeit dicht beklebt finden mit den Sporenmassen. Die Träger haben sich alle in die Richtung der durch das Fensterchen einfallenden Lichtstrahlen gestellt und ihre Schrapnells abgeschossen, und so vortrefflich haben sie gezielt, daß fast alle Schüsse auf der kleinen Lichtscheibe sitzen.



Fig. 21. Heliotropismus Ein Topf mit Gerstenkeimlingen, welche einseitiger Beleuchtung ausgesetzt waren. Die Keimlinge haben sich in die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, die durch den Pfeil angegeben wird, eingestellt.

Die Pflanzen haben sogar einen Sinn, der in dieser Form wenigstens den höheren Tieren abgeht, nämlich die genaueste Empfindung ihrer Lage. Sie vermögen die Richtung der Schwerkraft wahrzunehmen und sich zu ihr in verschiedener Weise zu orientieren. Werden die Pflanzenteile aus dieser bestimmten Lage gebracht, so krümmen sie sich so lange, bis sie dieselbe wieder erreicht haben. Jahrhundertelang hat sich niemand darüber gewundert, daß die Stämme und Stengel der Bäume und Kräuter senkrecht in die Höhe wachsen und die Wurzel senkrecht hinabwächst, bis die Pflanzenphysiologie diese fast selbstverständliche Tatsache zum Problem machte. Es erwies sich, daß in der Tat die Gravitation auf die Pflanzen als Reiz wirkt. Vor kurzem hatten wir erörtert, was geschieht, wenn eine junge Keimpflanze horizontal gelegt wird: der Sproß krümmt sich aufwärts, die Wurzel abwärts und zwar so lange, bis sich beide genau in die Richtung des

Erdradius eingestellt haben. In der Figur 22 I ist ein Sproß einer Gelenkpflanze (Tradescantia fluminensis, der bekannten Ampelpflanze) dargestellt, nachdem er durch Krümmung in seinen Gelenken den Gipfel in die senkrechte Lage gebracht hat. Daneben (II) ist eine Keimwurzel der Erbse abgebildet, deren Spitze sich abwärts gekrümmt hat. Bei *a* ist ihre Anfangslage gezeichnet, bei *b* die Krümmung, die sie nach 24 Stunden ausgeführt hat.

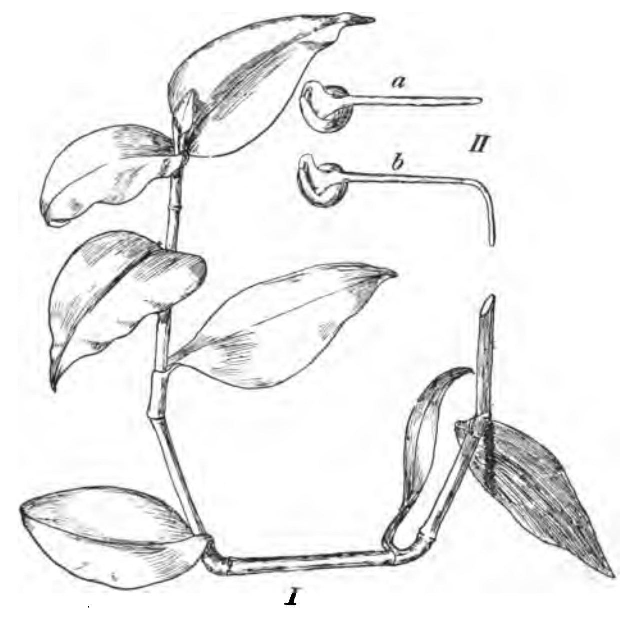



Fig. 22. Geotropismus. *I* Ein herabhängender Sproß der Ampelpflanze Tradescantia fluminensis hat sich durch Krümmung in den Gelenken wieder senkrecht nach oben gewandt. *II a* Ein Keimling der Erbse in wagerechter Lage; *b* derselbe nach 14 Stunden, nachdem sich die Keimwurzel gekrümmt hat und senkrecht nach unten gewachsen ist. (*II* nach Frank.)

Andere Teile, wie Seitenwurzeln, Blüten, Blätter, nehmen andere Lagen ein, doch jeder Teil eine ganz bestimmte. So verspürt die Pflanze aufs genaueste ihre Orientierung im Raum und vermag ihre normale Lage wieder herzustellen, wenn sie durch Sturm, Wasser gestürzt ist. Eine umgewehte Tanne strebt mit allen ihren Zweigenden wieder empor. Nichts vermag so unmittelbar

zu überzeugen, daß auch in dem harten holzigen Baume das Leben pulst, als dies mühsame Aufstehen eines gestürzten Baumes.

Bei der Empfindlichkeit der Pflanzen gegenüber der Schwerkraft, die man als Geotropismus bezeichnet, ist die Frage aufgeworfen worden, ob die Pflanzen etwa besondere Sinnesorgane besäßen, vergleichbar denen der Tiere. Kein Geringerer als Charles Darwin hat die Ansicht geäußert, daß das äußerste Spitzchen des Würzelchens allein die Richtung der Schwerkraft wahrnehme und wie das Gehirn eines niederen Tieres wirke, und ganz neuerdings will man sogar einen besonderen Sinnesapparat in der Wurzelspitze und auch in den Stengeln entdeckt haben, der die Lageempfindung vermittelt. Hier gibt es nämlich bestimmte Zellen, die sehr leicht verschiebbare Stärkekörner in ihrem Plasma enthalten. Bei veränderter Lage des Pflanzenorgans fallen diese Körnchen über und lasten auf einem anderen Teile des Plasmas als vorher. Das Plasma soll dann den Druck der Stärkekörner wahrnehmen und damit zugleich die eigene Lage im Raume. Der kleine Apparat soll in ganz ähnlichem Sinne arbeiten wie die sogenannten Otozysten (Gehörbläschen), die bei vielen niederen im Wasser lebenden Weichtieren, aber auch z. B. bei den Krebsen vorkommen. Es sind kleine mit Flüssigkeit gefüllte Säckchen, deren Wandung mit empfindlichen Sinneshaaren bekleidet ist. In der Flüssigkeit befinden sich schwerere Körperchen, die sogenannten Gehörsteine, die je nach der Lage des Tieres mit verschiedenen Stellen der Sinneshaarschicht in Berührung kommen und so den Tieren die Wahrnehmung ihrer Lage vermitteln.

Ob, wie gesagt, auf ähnliche Weise eine Lageempfindung bei den Pflanzen zustande kommt, ist eine Frage, die momentan lebhaft umstritten wird, vorläufig jedoch noch ohne sicheres Resultat.

Eine ähnliche sensationelle Angabe, daß die Pflanzen besondere Vorrichtungen besäßen, um den Lichtreiz aufzunehmen, ist zunächst ebensowenig erwiesen, wenngleich manches für sie spricht. Bei vielen Pflanzen besteht nämlich die Oberhaut auf der Oberseite der Blätter aus ganz eigenartigen Zellen. Sie haben alle stark gewölbte Außenwände, so daß sie wie kleinste Sammellinsen aussehen. Sie wirken auch in der Tat als solche, indem sie das Sonnenlicht sammeln. Es entsteht auf diese Weise in jeder Zelle der Blattoberhaut ein kleiner Brennpunkt, der je nach der Richtung

der einfallenden Strahlen auf verschiedene Stellen der inneren, der Linsenfläche gegenüberliegenden Wand der Oberhautzelle fällt. Die dieser Innenwand angelagerte Partie des lebendigen Plasmas ist nun empfindlich, sie nimmt den Lichtpunkt wahr, und vermöge der Wahrnehmung führt der Stiel des Blattes eine Bewegung aus, die die Blattspreite senkrecht zum einfallenden Licht orientiert. Jede Verschiebung aus dieser „fixen Lichtlage" hat natürlich auch eine Verschiebung der Lichtpunkte zur Folge, die wiederum vom Plasma empfunden wird und die Veranlassung zu einer entsprechenden Krümmung des Blattstieles gibt.

Wenn wir zum Schluß noch daran erinnern, wie die Fiederblättchen der Sinnpflanze (Mimosa pudica) sich bei Berührung zusammenlegen, wie die Blatthälften der Venusfliegenfalle (Dionaea muscipula) zusammenklappen, wenn man eine der auf der inneren Blattfläche stehenden Borsten berührt, wie die Ranken des Kürbis, der Passionsblume usw. sich vor unseren Augen einrollen, wenn wir sie mit einem Holzstäbchen reiben, so wird das Bild von dem Sinnesleben der einfacheren Lebewesen vollständig.

Bei den höheren Tieren verlaufen eine Anzahl Reizerscheinungen nach ebendemselben einfachen pflanzlichen Typus, speziell solche aus dem Gebiet der Ernährung, Verdauung usw., das man infolgedessen auch als das vegetative bezeichnet. Die Zellen der Magenwand werden durch den Reiz der eingeführten Nahrung zur Absonderung des Verdauungsenzyms, des Pepsins, veranlaßt. Die weißen Blutkörperchen (Leukozyten), die in ihrem Aussehen kleinen Amöben gleichen, zeigen sogar ganz ähnliche Richtungsbewegungen wie die Bakterien. Aus dem Knochenmark und der Milz, wo sie gebildet werden, wandern sie in die Blutbahnen und werden hier passiv durch den ganzen Körper verbreitet. Sie können auch durch die Wandungen der Gefäße hindurchkriechen und sich zwischen die Gewebezellen eindrängen. Ist an irgendeiner Stelle Entzündung infolge einer Wunde eingetreten, so strömen sie dorthin in Massen und bilden den Hauptanteil des Eiters. Die Anlockung dieser Wanderzellen geschieht offenbar durch chemische Stoffe, die die Erreger des Eiters, die Eiterkokken, in der Wunde bilden, und wenn man ein Haarröhrchen mit diesen Eiterkokken oder ihren Stoffwechselprodukten füllt und in das Gewebe eines Tieres bringt, so sind sie nach kurzem ebenso vollgepfropft mit Leukozyten wie in dem oben beschriebenen entsprechenden Versuch mit Fäulnisbakterien.

Bei manchen Reizvorgängen im Körper haben sich also einzelne Zellen diesen ganz einfachen, selbständigen Reizmechanismus bewahrt. Die wichtigsten jedoch, hauptsächlich die, die uns in den innigen Kontakt mit den Dingen und Vorgängen um uns bringen, sind in ihren einzelnen Phasen die Spezialität besonderer Zellengruppen geworden, nach dem Prinzip der Arbeitsteilung. Besondere Zellen nehmen die Reize auf, andere leiten sie weiter, besondere Zellgruppen können sie kombinieren und magazinieren. Immer mehr Bestandteile der Außenwelt wirken ein, ihre zunächst nur grobe, lückenhafte, verschwommene Masse wird durch immer feinere Details bereichert und es arbeitet sich mit immer größerer Schärfe ein geschlossenes „Bild" heraus von den Dingen und Vorgängen der Umgebung. In diesem allmählichen Entwicklungsprozeß des Sinneslebens ist dann irgendwo etwas aufgetaucht, wenn auch zunächst nur schattenhaft, das nur wir in uns selbst erleben: das Bewußtsein. Oder ist es mit allen Lebensstufen verknüpft?

In ihm können frühere Reize mit gegenwärtigen kombiniert werden, die Gegenwirkung des Lebewesens wird eine immer weniger mathematisch bestimmbare, ähnelt immer mehr dem Ausfluß eines freien Willens.

Bei den Aktinien, den mit den Korallentieren verwandten, sogenannten Seerosen, haben wir die ersten Anfänge eines Nervensystems. In dem Hautgewebe sind Nervenzellen zerstreut, die mit langen dünnen Fortsätzen zu einem zarten Netz zusammengeflochten sind. Die Haut ist es, die die Lebewesen mit der Umgebung zunächst in Berührung bringt, deshalb treten hier zuerst nervöse Elemente auf. Dieser Ursprung ist sogar noch bei den höchsten Tieren erkenntlich, indem sich im Embryo das Nervensystem in der Haut anlegt und erst später in das Innere verlagert wird.

Die Würmer zeigen uns in einzelnen Vertretern die Fortbildung dieses noch verschwommenen Nervensystems. Bei einigen liegt ebenfalls noch das Nervensystem in der Haut. Bei anderen wird es aber schon nach dem Inneren verlagert. Es bilden sich isolierte Stränge und Knoten, besonders solche am vorderen Ende, dem Kopf. Man bezeichnet sie als Ganglienknoten. Einfachste äußere Aufnahmeapparate, einfachste Seh-, Tast-, Gehörorgane treten dazu; schon die Medusen besitzen solche. Die Insekten haben ebenfalls noch einfache Knoten und Stränge, die in Form einer Strickleiter angeordnet sind.

Die höchsten Tiere, die Wirbeltiere, zeigen schließlich weitgehendste Zentralisierung und höchste Ausgestaltung des Nervensystems. Gehirn und Rückenmark stellen eine kompakte Masse dar, die von Nervenzellen und ihren feinen Ausläufern gebildet wird. Von ihnen aus geht ein sich immer feiner verzweigendes, alle Teile des Körpers durchdringendes System von Strängen aus, die Nerven. Sie stellen einerseits eine Verbindung zwischen den Reizaufnahmeapparaten, dem Gesichtsorgan, Gehörsorgan usw., und den zentralen Nervenmassen, teils eine solche zwischen den letzteren und den Aktionsorganen dar, unter denen als die auffälligsten in erster Linie die Muskeln in Betracht kommen.

Die obige Skizze ist unter dem Gesichtswinkel der Entwicklungstheorie zu verstehen (siehe Seite 93). Im Verlauf langer Zeiträume traten die Lebewesen mit immer mehr Bestandteilen der Außenwelt in Reizbeziehung.

Jede dieser Beziehungen wurde durch generationenweise Übung immer fester fixiert und schließlich fertig vererbt und zwar in Form eines festen Reizmechanismus, der eine stetig wachsende feinere Ausgestaltung erfuhr. Das beruht auf einer aller lebendigen Substanzen zukommenden Fähigkeit, Eindrücke zu bewahren. Sie verschwinden nicht sofort, sondern hinterlassen Spuren, die erst allmählich vergehen, die aber immer tiefer „eingefahren" werden, je häufiger die Eindrücke statthaben. Statt „eingefahren" hätten wir auch sagen können „eingeprägt". Die Reizvorgänge sind „instinktiv" geworden. Mit einem anderen Bilde bezeichnet man sie auch als „reflektorisch". Mit derselben Sicherheit und Präzision, wie an geeigneten Flächen Licht- oder Schallwellen reflektiert werden, reflektiert auch das Lebewesen auf eine äußere Einwirkung hin eine bestimmte Lebensäußerung.

Bezeichnen wir die Fähigkeit, Spuren von Reizen zu bewahren, als Gedächtnis und die Spuren selbst als Erinnerungen, so kommen Gedächtnis und Erinnerungen allen Lebewesen zu. Der Instinkt ist ein vererbtes Gedächtnis. Alle die betrachteten Reizerscheinungen der Pflanzen und der niederen Tiere gehen instinktiv vor sich. Auch bei den höchstentwickelten Tieren verlaufen eine große Menge von Reizprozessen rein instinktiv oder, wie man auch sagt, „reflektorisch", d. h. mit der unabänderlichen Präzision eines vererbten Mechanismus, doch kommt bei ihnen noch ein nach Maßgabe der Entwicklungsstufe geringerer oder größerer, im individuellen Leben anwachsender Vorrat von erworbenen

Erinnerungen hinzu, die einer großen Gruppe von Reaktionen ein so charakteristisches Gepräge gibt, daß man kaum noch von Reizreaktionen sprechen kann. Es sind individuell gefärbte, „bewußte“, geistige Vorgänge geworden. Aber so sehr sie auch von den einfachen Reizvorgängen verschieden zu sein scheinen, auf äußere Eindrücke, Reize (oder, wie man neuerdings gesagt hat, Engramme), vererbte und erworbene, geht in letzter Linie unser gesamtes geistiges Leben zurück. Durch dieses Tor ist die Außenwelt in uns eingezogen, oder vielmehr, aus dieser Beziehung ist für uns erst das entstanden, was wir Außenwelt nennen.

---

## 9. Kapitel.

### Die allgemeinen Lebensbedingungen. Die Grenzen des Lebens. Gifte. Grenzzustände zwischen Leben und Tod. Latentes Leben.

Damit Lebensprozesse überhaupt vor sich gehen können, müssen eine Anzahl Bedingungen in der Umgebung geboten sein. Wasser, Sauerstoff, Wärme, Nährstoffe usw. sind notwendig. Aber diese Bedingungen können nur innerhalb eines gewissen Spielraumes mit dem Mechanismus des Lebens in Beziehung treten. Das Leben ist nur bestimmten Intensitätsgraden angepaßt, die für seine einzelnen Formen allerdings sehr verschiedene sein können. Das Leben ist in gewisse Grenzen eingeschlossen.

Diese Überlegung macht uns mit drei wichtigen Punkten bekannt. Alle Faktoren müssen ein gewisses Minimum erreichen, um das Leben zu ermöglichen, sie dürfen ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten, um es nicht stillstehen zu lassen, und zwischen diesen beiden Grenzen, in dem Spielraum des möglichen Lebens überhaupt, liegt ein Punkt, bei dem es am kräftigsten sich entfaltet. Das ist das Optimum.

So gibt es ein Minimum, Maximum und Optimum für den Sauerstoffgehalt der Luft bei der Atmung, für den Zuckergehalt in der Gärflüssigkeit bei der Gärung der Hefe, für die Lichtintensität und den Kohlensäuregehalt der Luft bei der Kohlensäureassimilation der grünen Pflanzen, für die Menge des gebotenen Wassers sowie der Nahrung überhaupt usw. Diese drei

Kardinalpunkte sind bei den verschiedenen Lebewesen sehr verschieden. Das Minimum des Sauerstoffgehaltes liegt bei Eingeweidewürmern und vielen Bakterien erheblich viel tiefer als etwa beim Menschen, das Optimum der Lichtintensität ist für eine „Lichtpflanze“ ein ganz anderes als für eine „Schattenpflanze“ usw.

So sind auch die Temperaturgrenzen, innerhalb derer das Leben eingeschlossen ist, sehr verschiedene für die verschiedenen Organismen. Außerordentlich enge Grenzen haben die Warmblüter, deren Leben sich nur innerhalb weniger Grade erhalten kann. Sie haben allerdings dafür auch die Fähigkeit, innerhalb ziemlich weiter Grenzen der äußeren Temperatur die ihres Bluts durch Wärmebildung bzw. durch Verdunstung (beim Schwitzen) zu regulieren. Weiter sind die der übrigen Lebewesen. Betrachten wir sie im ganzen, so kann man sagen, daß die Grenze des Lebens nach unten zu überhaupt nicht erreicht wird. Es gibt Bakterien, die die tiefsten erzielbaren Temperaturen von — 200° und weniger noch ertragen können, ohne ihr Leben einzubüßen. Fische können in Eis eingefroren bis — 15° abgekühlt werden und erwachen doch wieder, wenn sie vorsichtig aufgetaut werden, zum Leben. Frösche halten sogar einer Temperatur von — 28° stand, ja Schnecken überstehen eine Temperatur von — 120°. Natürlich steht alles Leben schon bei etwas über 0° still, aber es ist damit bei vielen Wesen noch nicht der Tod gegeben. Es ist nur ein Zustand der Starre, des latenten Lebens eingetreten, der uns später noch eingehender beschäftigen wird. Einige vermögen allerdings sogar noch auf dem Schnee zu wachsen, wie z. B. eine mit blutrotem Farbstoff versehene kleine einzellige Alge, die im hohen Norden und im Hochgebirge die Ursache des „roten Schnees“ ist.

Nach oben ist die Grenze nicht so weit hinausgeschoben. Wir haben jedoch bei der Beurteilung der oberen Temperaturgrenzen von vornherein zu berücksichtigen, ob die Lebewesen in ihrem normalen wasserhaltigen Zustande sind, oder ob sie ausgetrocknet sind. Diejenigen, die überhaupt das Austrocknen vertragen (siehe Seite 63), widerstehen hohen Temperaturen viel leichter in trocknem als in feuchtem Zustande. So können z. B. absolut trockene Getreidesamen stundenlang einer Temperatur von 100—110° ausgesetzt werden, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüßen. Trockene Dauerzellen (sogenannte Sporen) des Erregers

der Milzbrandkrankheit, des Milzbrandbazillus, werden erst durch dreistündiges Erwärmen auf 140° abgetötet. Überhaupt sind die Dauerzustände der Bakterien, die Sporen, gemäß ihrer Bestimmung, ganz ungewöhnlich widerstandsfähig. Sie enthalten auch normal äußerst wenig Wasser. Man kann z. B. eine Handvoll Heu in Wasser über eine Stunde lang kochen, ohne die Sporen des sogenannten Heubazillus, die ihm anhaften, abzutöten. Man findet infolgedessen zu seiner Überraschung, daß eine dergestalt gekochte Heubouillon nach kurzer Zeit mit Myriaden von Heubazillen erfüllt ist.

In wasserhaltigem Zustande wird das lebende Plasma viel rascher vernichtet, weil das Eiweiß gerinnt. Es werden im allgemeinen Temperaturen über 50° nicht lange ertragen. 55°—60° tötet fast alle Lebewesen schon binnen kurzem, ja für viele liegt das Maximum schon bei 40°.

Es gibt jedoch einige, die gerade bei diesen Temperaturen am besten gedeihen, und zwar sind es wiederum Bakterien, die man wegen dieser Eigenschaft als „wärmeliebende" bezeichnet. Sie erwachen überhaupt erst bei 40° zur Lebenstätigkeit, liegen also bei der gewöhnlichen Temperatur in Froststarre da. Bei 60° wird es ihnen besonders wohl, und erst Temperaturen, über 70° bis 75° töten sie ab. Auch von einer bestimmten Art blaugrüner Algen (Oszillarien), sowie von Insektenlarven und Krebstierchen weiß man, daß sie in heißen Quellen sehr wohl leben können.

Die Feststellung der oberen Temperaturgrenze des Lebens ist von ganz besonderer Bedeutung in der Bakteriologie, weshalb wir auch gerade über die Temperaturmaxima der Bakterien besonders genau unterrichtet sind. Eine rationelle Sterilisierung und Desinfektion durch Hitze ist ja überhaupt erst möglich, wenn man weiß, bei welchen Temperaturen die Bakterien sterben.

Bei chemischen Stoffen, die in das Plasma eindringen und in gewisser Menge schädlich wirken, wendet man eine besondere Bezeichnungsweise an. Man sagt, sie seien „Gift" für das Lebewesen. Viele solcher Gifte spielen allerdings im Leben der Organismen in der Natur keine Rolle, so daß wir hier nicht allgemein von Lebensbedingungen sprechen können. Das gilt z. B. von den Giften, die ganz allgemein in einer bestimmten Konzentration das Plasma abtöten, einerlei welchem Lebewesen es angehört.

Zu solchen als „Protoplasmagifte" bezeichneten Stoffen ge-

hören vor allem Salze der Schwermetalle, wie besonders solche des Silbers und Quecksilbers.

Silbernitrat (Höllenstein) und Quecksilberchlorid (Sublimat) sind sehr starke Gifte, einerlei, ob sie auf ein Bakterium, eine Amöbe, einen Pilz, eine Pflanze oder einen Menschen wirken. Ein Gramm Sublimat in einem Liter Wasser gelöst, vernichtet alles Leben in kurzer Zeit. Die giftige Wirkung beruht darauf, daß diese Salze Verbindungen mit dem Plasma eingehen und so seine Struktur zerstören. Äther, Chloroform wirken ebenfalls auf alles Lebende giftig. Sie rufen zunächst eine Lähmung der Lebensprozesse hervor, die man bekanntlich als Narkose bezeichnet. Pflanzen wie Tiere können durch diese Stoffe narkotisiert werden. Setzt man eine Mimosa pudica unter eine Glasglocke und läßt unter dieser Chloroform in einem flachen Schälchen verdunsten, so wird sie ebenso unempfindlich wie ein Mensch, der vor einer Operation betäubt wird. Berührt man ihre Blätter, so schlagen sie nicht mehr zusammen. Sie empfinden den Reiz nicht mehr.

Der Alkohol ist für die meisten Lebewesen ebenfalls ein Gift, doch schon in sehr verschiedenem Maße. So verträgt die Hefe, die ihn bildet, noch 18—20%, also eine Konzentration, der auf die Dauer kein anderes Lebewesen widersteht. Wir haben allerdings hierbei wiederum zu berücksichtigen, ob die lebende Masse absolut trocken ist oder nicht. Sporen eines Schimmelpilzes (Phycomyces nitens), die absolut trocken waren, keimten z. B. noch aus, nachdem sie über 2 Jahre in absolutem Alkohol gelegen hatten.

Bei vielen anderen Stoffen handelt es sich aber nur um eine sehr relative Giftigkeit. So ist der Sauerstoff, der den meisten Organismen eine notwendige Bedingung zu ihrem Leben ist, ein Gift für die anaeroben (siehe Seite 44) Bakterien. Das Kohlenoxydgas, ein furchtbares Gift für alle höheren Tiere, ist gänzlich wirkungslos gegenüber den Pflanzen. Kupfersulfat, das schon in ganz außerordentlicher Verdünnung eine Spirogyra töten würde, wird von dem gewöhnlichen grünen Pinselschimmel (siehe Seite 74) bis zu 25% vertragen; das überaus heftige Gift, durch welches die Diphtheriebakterien den menschlichen Körper zu töten vermögen, wirkt auf Mäuse nicht.

Mehrfach bei obigen Betrachtungen waren wir auf Tatsachen gestoßen, die einen eigentümlichen Grenzzustand zwischen Leben und Tod darstellen, den wir als latentes Leben be-

zeichneten. Ich erinnere an die eingefrorenen Frösche und die trockenen Sporen im Alkohol. Leben diese Dinge noch oder sind sie tot? Daß sie nicht tot sind, zeigt ihr späteres Wiederaufleben, aber sie leben auch nicht eigentlich. Sie sind weder tot noch lebendig. Denken wir uns, der Organismus sei eine Uhr. Zerbricht ein Rad in ihr, so steht sie. Das würde der Tod sein. Sie kann aber auch dadurch zum Stehen gebracht werden, daß ich das Pendel anhalte. Einer solchen Uhr würde ein Lebewesen vergleichbar sein, welches sich in dem Grenzzustand zwischen Leben und Tod befindet. Unbegrenzt lange freilich wird dieser Zustand nicht vertragen, er geht nach längerer oder kürzerer Zeit in den Tod über.

Während dieses Scheintodes stehen alle Lebensfunktionen, soweit sie unserer Kontrolle unterzogen werden können, vollkommen still. Dies ist aber nur der extreme Fall. Zu ihm leiten besondere, auch ganz normal in gewissen Lebewesen eintretende Zustände über, bei denen entweder die Funktionen nicht ganz stillstehen und nur auf ein Mindestmaß eingeschränkt werden, oder nur einzelne Funktionen mehr oder weniger gehemmt sind. Sie treten gewöhnlich periodisch auf und werden als Ruhezustände bezeichnet. Schon den Schlaf der höheren Tiere würden wir hierher zu rechnen haben, ganz besonders aber den Winterschlaf der Frösche, Bären, Murmeltiere, Dachse usw.

Auch die Ruheperiode der Pflanzen gehört hierher. Sie ist in unserem Klima an die Sommer-Winterperiode gebunden, doch ist sie, ebensowenig wie der Schlaf durch die Dunkelheit, ausschließlich durch die winterliche Kälte bedingt, da auch tropische immergrüne Gewächse dieselbe Abwechslung von lebhafter und minimaler Lebenstätigkeit zeigen.

Die extremen Fälle sind wie gesagt die, wo zeitweilig alles Leben vollkommen stillsteht. Am eindrucksvollsten ist diese Erscheinung beim Scheintod des Menschen, von dem ja viele Fälle sichergestellt sind. Doch sind diese immerhin abnorme Ausnahmen. Ganz normal ist jedoch der Scheintod bei einigen Pflanzen und niedrigen Tieren.

Die Flechten (vergl. Figur 38), die das nackte Gestein mit ihren zartgetönten Krusten überkleiden, werden durch die sengenden Strahlen der Sonne zu absolut trocknen Mumien ausgedörrt. Man kann sie zu Staub zerreiben, und bei großer Dürre verharren sie monatelang in der leblosen Trockenstarre,

bis der erste Regentropfen sie wieder zu neuem Leben erweckt. Sie quellen auf und sehen so frisch aus wie vorher. Desgleichen sind die Mose und viele an Steinen lebende einfache Algen befähigt, Zeiten der Dürre zu überdauern. Von den Sporen der Bakterien sprachen wir bereits. Allgemein besitzt die Kleinlebewelt des Sumpfwassers die Eigenschaft, in den Scheintod verfallen zu können, der hier gewöhnlich im Sommer eintritt, wenn der Sumpf eintrocknet. Dann verfallen die Infusorien, Bakterien, die niederen Würmer, Krebstierchen usw. in eine Sommerruhe. Viele umgeben sich dabei mit einer festen Hülle, sie kapseln sich ab, andere trockenen einfach ein. Besonderes Interesse hat von jeher ein kleines Wesen erregt, welches in Pfützen, Dachrinnen, in feuchtem Moos lebt. Das ist das sogenannte Bärtierchen, ein sehr kleines, milbenähnliches, achtbeiniges Tierchen, das mit plumpen Bewegungen durch das Wasser kriecht (siehe Figur 23a). Es hat seinen Namen Macrobiotus Hufelandi zu Ehren des bekannten Arztes Hufeland bekommen, der ein Buch über die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern, geschrieben hat. Der Macrobiotus schrumpft, wenn seine Welt, der Wassertropfen, eintrocknet, zu einem faltigen kleinen Körnchen zusammen, das niemand für ein Lebewesen halten würde (siehe Figur 23 b). So kann es monatelang im Staube ruhen, feiert aber eine Auferstehung, sobald es wieder in Wasser gelangt. Langsam saugt es sich voll, träge und langsam löst sich ein Beinchen nach dem andern aus der quellenden Masse los und schließlich wackelt es wieder stumpfsinnig davon.

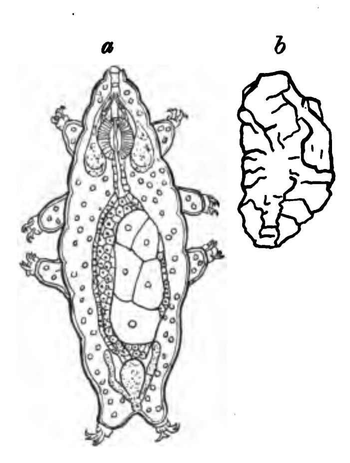



Fig. 23. Macrobiotus Hufelandii, *a* im normalen lebensfrischen Zustande (n. Hertwig), *b* eingetrocknet und scheintot. Vergrößert.

Ähnlich berühmt ist ein Bärlappgewächs (Selaginella lepidophylla), welches auf den dürren, felsigen Hochebenen Zentralamerikas wächst. Unter der Glut der Sonne trocknet es allmählich ein, der rosettenförmige Schopf schließt sich zu einer

Kugel zusammen. Es bleibt aber lange Zeit lebendig; denn wenn es wieder mit Wasser befeuchtet wird, breiten sich die Zweige wieder aus und wachsen weiter. Dies Bärlappgewächs ist also eine wirkliche „Auferstehungspflanze“ im Gegensatz zu der sogenannten „Rose von Jericho“, die nur das tote, nestartig zusammengeschrumpfte, aber quellungsfähige Kraut einer Kruzifere (Anastatica hierochuntica) ist, die an den Ufern des Toten Meeres wächst. Ganz trockene Getreidesamen können bis 20 Jahre ihre Keimkraft bewahren, zeigen aber während dieser Zeit nicht die geringsten Spuren eines Stoffwechsels. Vielleicht können Samen sogar 100 Jahre und mehr ihr Leben bewahren, unbegrenzt aber keinesfalls. Der wie verkohlt aussehende Mumienweizen der ägyptischen Gräber ist entgegen allen sensationellen Berichten, die gelegentlich auftauchen, tot.

---

## 10. Kapitel.

### Der Tod. Ursachen des Todes. Lebensdauer von Tieren und Pflanzen.

Wenn der Mechanismus des Lebens in den Lebewesen zu seiner vollen Entwicklung gekommen ist, wenn er sich fortwährend selbstregulatorisch Ersatz beschafft, um seinen Fortgang zu ermöglichen, wenn er genau an die Bedingungen seiner Umgebung angepaßt ist, so ist eigentlich nicht einzusehen, weshalb er nicht immer weiter laufen sollte. Eine Maschine, die fortwährend geheizt wird und die ferner sofort repariert wird, wenn sich ein Schaden zeigt, würde ja auch beliebig lange laufen, und sollten wir nicht dem vervollkommneten Organismus auch die Fähigkeit zutrauen, sich fortwährend selbst auszubessern? Dem widerspricht jedoch die Erfahrung: die Organismen sterben, die einen eher, die anderen später, und es erhebt sich die Frage: worin ist der Tod begründet? Was der Tod ist, ist leichter zu beantworten; er ist, ganz allgemein gesagt, die Unmöglichkeit, die enge Beziehung der inneren Zustände zu der Umgebung aufrechtzuerhalten, wie umgekehrt das Leben die fortwährende Anpassung der ersteren an die letzteren darstellt. Aber welche Bedeutung, welchen Sinn hat der Tod? Das ist hier die Frage. Weshalb tritt er ein? Ist er eine Notwendigkeit oder nicht?

Nun, gewisse Formen des Todes sind darin begründet, daß obige vollkommene Anpassung, die wir postulierten, faktisch nicht verwirklicht ist. Sie ist nicht so vollkommen, daß sie allen Verwicklungen von Umständen in der Umgebung begegnen könnte. Jede Lebeform ist nur einem begrenzten Kreise äußerer Bedingungen angepaßt, und dieser ist um so enger, je niedriger das Tier organisiert ist. Erfolgen irgendwelche Veränderungen außerhalb dieses Kreises der beherrschbaren Außenbedingungen, so endet das Leben durch Katastrophe. Diese begrenzte Widerstandsfähigkeit ist natürlich auch individuell verschieden. Ungenügend ausgerüstete, schwache, d. h. kranke erliegen leichter als starke, gesunde Organismen.

Eine ungeheure Menge von Tieren und Pflanzen endet auf diese Weise, und selbst der Mensch hat sich trotz seiner stets wachsenden Macht über seine Umgebung nicht dermaßen zu ihrem Herrn gemacht, daß er gegen den Tod durch Katastrophe gefeit wäre. Das Austrocknen eines Flusses bei ungewöhnlicher Dürre vernichtet Millionen von Lebewesen, ein harter Winter läßt das Wild in den Wäldern erfrieren, der Ausbruch des Krakatau im Jahre 1883 vernichtete 40 000 Menschen. Dazu kommt die Unzahl von Organismen, die im Kampfe untereinander fallen, und hierher gehören auch die Opfer der unsichtbaren Feinde, der Bakterien, deren Kampf mit den höheren Lebewesen in der Form der Infektionskrankheit auftritt.

Nehmen wir nun einmal an, ein vollkommen normales Lebewesen sei verschont geblieben von all diesen Gefahren, von Hitze, Nahrungsmangel, Krankheit, Kampf, würde es dann ewig, oder sagen wir, sehr viel länger leben, als es wirklich lebt? Diese Frage ist ohne weiteres zu verneinen. Selbst der Mensch bringt es selten auf mehr als 100 Jahre. Die Kultur und ihre Verbesserungen hat diese Grenze nicht weiter verschoben. Unser Problem spitzt sich also darauf zu, ob, wie die einen meinen, der Tod nur in der praktisch stets vorhandenen Unvollkommenheit der Organisation begründet ist und schließlich eintreten muß, wenn die unvermeidlichen kleinen Störungen sich zu einer verderblichen Höhe summiert haben, oder ob, wie die andere Ansicht lautet, der Tod eine physiologische Erscheinung ist, die genau so wie Jugend, Geschlechtsreife usw. zum normalen Lebenszyklus gehört. Bei den Tieren ist wahrscheinlich die zweite Ansicht die richtige. Durch ebenso gesetzmäßige Phasen, wie sie ihre sonstige Entwicklung auszeichnen, bereiten sich in einer ganz bestimmten

Periode physiologische Veränderungen vor, die in dem Tode ihren natürlichen Abschluß finden. Normale Individuen vorausgesetzt und Katastrophen ausgeschlossen, ist also die Lebensdauer nicht von der Gunst oder Ungunst der Lebensbedingungen bestimmt, sondern in letzter Linie schon mit der Organisation des Plasmas gegeben. In ihm ruht neben dem Geheimnis des Lebens auch das des Todes, wir könnten fast das Paradoxon gebrauchen: weil wir leben, müssen wir auch sterben.

Die Lebensdauer ist bei den verschiedenen Lebewesen eine sehr verschiedene, für jede Art jedoch im Durchschnitt eine streng bestimmte, erbliche. Die Eintagsfliegen leben nur einige Stunden, die Elefanten einige hundert Jahre. Welche Gründe diese verschiedene Länge des Lebens und damit überhaupt seine Begrenztheit hat, ist wie gesagt ein sehr dunkles Problem. Größere oder geringere Lebensenergie, Körpergröße kommen nicht ausschließlich in Betracht. Fische und Vögel können über 200 Jahre alt werden und doch sind die ersteren sehr träge, die letzteren sehr lebendige Tiere, und beide sind dem Elefanten gegenüber, der ebenso alt wird, nur winzig.

Sehr viel für sich hat eine Ansicht, die den Tod mit der Fortpflanzung in Beziehung bringt, und in der Tat stehen beide Erscheinungen oft in sehr augenfälligem Zusammenhange, wie z. B. bei den Eintagsfliegen, bei denen der Tod direkt nach der Ablage der Eier eintritt, und bei den Drohnen, die sogar im Moment der Begattung sterben. Nach dieser Ansicht ist der Tod eine Anpassungserscheinung. Jedes Tier lebt nur so lange, als es ihm gelingt, die Fortexistenz seiner Art sicherzustellen. Je größeren Gefahren die Nachkommenschaft ausgesetzt ist, je weniger erzeugt werden, je schwieriger und langwieriger ihre Aufzucht ist, desto länger muß das Tier leben. Eine noch längere Lebensdauer, als hierzu nötig ist, würde für die Natur, die man die sparsame nennt, ein unerhörter Luxus sein. Ihr kommt es, wie wir besonders bei der Fortpflanzung noch sehen werden, in erster Linie darauf an, die Art zu erhalten, am Individuum scheint ihr gar nichts zu liegen, so sehr dieses selbst sein eigenes Leben wertschätzt. Doch auch in dieser Beleuchtung wird das Problem der Lebensdauer nicht überall durchsichtig.

Es seien im folgenden einige Angaben über die Lebensdauer verschiedener Tiere mitgeteilt, die natürlich nur einen ungefähren Anhalt bieten können, da die genaue Bestimmung meist äußerst

schwierig ist, und viele Angaben von gefangengehaltenen Tieren herrühren.

Elefanten und Walfische können 200 Jahre und älter werden. Der Mensch erreicht gar nicht selten ein Alter von 100 Jahren, dürfte aber das von 150 Jahren kaum überschreiten. Sehr alt werden auch Hechte und Karpfen, von denen man 200jährige Exemplare beobachtet hat. Die Vögel, denen man im allgemeinen kein langes Leben zutraut, gehören zu den langlebigsten Tieren. Ein weißköpfiger Geier hielt sich 118 Jahre in der Gefangenschaft in der Menagerie von Schönbrunn. Adler, Falken, Eidergänse, Lämmergeier werden 100 Jahre und darüber alt. Bekannt sind die Papageien wegen des hohen Alters, das sie erreichen können. Von dem Aturenpapagei Humboldts ging die Sage, daß er die Sprache des untergegangenen Indianerstammes der Aturen spräche. Die kleineren Vögel leben ebenfalls ziemlich lange. Einen an seinem eigentümlichen Ruf kenntlichen Kuckuck hörte man 33 Jahre lang rufen, von der Nachtigall weiß man, daß sie 12—18 Jahre alt wird.

Das Pferd kann 40 Jahre alt werden, der Bär 50, der Löwe 35, das Schwein 20, das Schaf 15, der Fuchs 14, der Hase 10, das Eichhörnchen und die Maus 6 Jahre.

Krebse hat man 20 und Kröten 40 Jahre alt werden sehen. Selbst so niedrig organisierte Tiere wie die Seerosen oder Aktinien (siehe Seite 122) können ziemlich alt werden; eine hat man z. B. in einem Aquarium 60 Jahre am Leben erhalten. Muscheln und Schnecken sind ziemlich kurzlebig (2—4 Jahre), nur die Riesenmuschel (Tridacna gigas) soll 100 Jahr alt werden können. Bei den Insekten hat die Larve oft ein viel längeres Leben als das entwickelte Tier, wie das z. B. für den Maikäfer zutrifft, dessen Larve sich durch 4 Jahre hindurchfrißt, während der Käfer selbst schon nach einem Monat sein Dasein beschließt. Die Eintagsfliege lebt gar nur 6 Stunden, während ihre räuberischen Larven 3 Jahre im Wasser leben.

Bei den Ameisen und Bienen leben die Weibchen viel länger als die Männchen. Die Bienenkönigin lebt 2—3 Jahre, das Männchen stirbt bei der Begattung oder, wie es für die Mehrzahl der Drohnen zutrifft, nach 4—5 Monaten. Ameisenweibchen konnten sogar 15 Jahre lang leben, während das Dasein der Männchen sich nur über einige Wochen erstreckt.

Definieren wir den Tod als das Aufhören der individuellen

Existenz, so besitzen die einzelligen Lebewesen die kürzeste Lebensdauer. Denn ihre Individualität hört bei der Teilung in zwei Tochterindividuen auf und da dies z. B. bei vielen Bakterien alle 15 Minuten geschieht, so würden diese Organismen in der Tat mit 15 Minuten das kürzeste Leben führen. Es ist aber gerade das Gegenteil behauptet worden, indem die Einzelligen geradezu als unsterblich bezeichnet worden sind, und zwar deshalb, weil in der Tat keine Leiche vorhanden ist, wenigstens unter normalen Umständen nicht vorhanden zu sein braucht. Jedes Wesen geht immer restlos in seinen beiden Nachkommen auf. Doch soll, wie das für Paramäzien (siehe Seite 50) festgestellt wurde, die Teilungsfähigkeit nicht unbegrenzt sein, sondern ein gelegentliches Absterben eintreten, falls nicht von Zeit zu Zeit geschlechtliche Vorgänge (siehe Seite 76) ermöglicht werden.

Bei den vielzelligen Tieren ist nur ein Teil des Körpers, wenigstens der Befähigung nach, ewig, nämlich das Keimplasma. Es baut Generationen auf Generationen immer wieder den Körper auf und vervielfältigt sich rechtzeitig, bevor er abstirbt.

Diese Erwägung wird uns die außerordentliche Lebensdauer vieler Gewächse nicht so unverständlich und beispiellos erscheinen lassen. Bei ihnen findet nicht ein solcher Abschluß der Individualität statt, es sind offene Systeme, in denen die embryonale Substanz fort und fort am selben Individuum weiterwirkt, in den fortwachsenden Zweigenden. Die ganze Pflanze stellt ja, wie wir sahen, mehr eine Art von Kolonie dar, und von ihren Gliedern sterben wohl einzelne ab, aber das an vielen Punkten verteilte Keimplasma wächst fortwährend weiter, bildet Neues im alten Sinn, so daß das Bild des Pflanzenindividuums dasselbe bleibt. Wenn wir von den ein- und zweijährigen Pflanzen absehen, so hat es den Anschein, als ob einige der ausdauernden Gewächse in der Tat ewig zu leben vermögen und der Tod keine Notwendigkeit für sie ist. Gehen die gewaltigen Baumriesen, an die wir hier zuerst denken, zugrunde, so ist es ein Tod durch Katastrophe, durch Kälte, Stürme, Pilzkrankheiten oder die Axt des Menschen.

Ungeheure Lebensalter weisen manche dieser Naturdenkmäler auf, Lebensalter, die denjenigen der uralten ägyptischen Kulturdenkmäler nicht nachstehen. An einigen dieser Ehrwürdigen sind Jahrtausende vorbeigerauscht, sie waren Zeitgenossen fast unserer gesamten überlieferten Geschichte.

Auf dem Friedhof von Santa Maria del Tule in der Nähe von Oaxaca in Mexiko steht noch heute ein Exemplar der virginischen Sumpfzypresse (Taxodium distichum), unter dem bereits Ferdinand Cortez mit seiner ganzen kleinen Armee lagerte. Der Baum mißt zwei Meter über dem Erdboden etwa 48 m im Umfang und wird auf 4000—6000 Jahre geschätzt. Ebenso alt müssen die ungeheuren Affenbrotbäume (Adansonia digitata) sein, die sich auf den Inseln des Grünen Vorgebirges befinden. Auch der Drachenblutbaum (Dracaena draco) von Orotava auf der Insel Teneriffa, der 1868 vom Sturm umgestürzt wurde, gab den obigen Bäumen an Alter nichts nach. Er wurde auf 6000 Jahre geschätzt.

Uralt sind auch die Mammutbäume (Sequoia gigantea) Kaliforniens, die nur in kleinen Gruppen in der westlichen Sierra nevada vorkommen, aber sich bei uns immer mehr als Zierkoniferen in den Anlagen einbürgern. Diese über 100 m hohen Riesen haben sicher schon zu Christi Geburt gestanden. Der größte, der 144 m hohe „father of the forest", ist schon seit längerer Zeit umgefallen. Auch hier war also das Ende durch eine Katastrophe herbeigeführt.

In Europa haben wir ebenfalls eine ganze Reihe uralter Bäume. Auf Friedhöfen in England stehen Eiben (Taxus baccata), die noch die heidnischen Zeiten erlebt haben dürften. In Neustadt in Württemberg befindet sich eine gewaltige von über 100 Säulen gestützte Linde, die schon zur Zeit der Gründung von Neustadt (1229) ein berühmter Baum war. Von Eichen kennt man Exemplare, die über 1000 Jahre alt sind. Platanen, Ölbäume, Zypressen, Zedern, Ulmen, echte Kastanien, Lärchen, Bergahornbäume erreichen ein Alter von vielen hundert Jahren. Auch 400jährige Efeustämme sind bekannt.

Nicht immer sind es die Riesen unter den Pflanzen, die uralt werden. Auch manchen unscheinbaren Pflänzchen müssen wir sehr hohes Alter zuschreiben, so z. B. dem Torfmoos (Sphagnum imbricatum). Manche Torfmoorlager von mehreren Metern Mächtigkeit bestehen vorwiegend aus den Resten von Sphagnum; und da die Moospflänzchen ununterbrochen an der Spitze weiterwachsen, muß man annehmen, daß sie seit der Entstehung dieser Torfmoore, auf deren Oberfläche sie jahraus, jahrein weiterwachsen, gelebt haben.

Ist auch die Schätzung bei all diesen Gewächsen nur eine

sehr annähernde, so geht doch so viel aus ihr hervor, daß manche Pflanzen bei weitem das höchste Lebensalter erreichen können von allen Lebewesen unserer Erde.

Der Eintritt des Todes ist nie momentan. Die Lebewesen bestehen ja aus einzelnen Zellen und erst, wenn sie alle abgestorben sind, ist der Tod wirklich eingetreten. Das dauert je nach der Todesart und dem Tiere sehr verschieden lange. Bei den höheren Wirbeltieren ist mit dem Aufhören des Herzschlages das Leben noch keineswegs überall erstorben. Die mit feinen flimmernden Härchen versehenen Zellen, die den Kehlkopf, die Luftröhre, die Bronchien auskleiden, flimmern noch tagelang weiter; Leukozyten können sogar noch länger, besonders durch künstliche Mittel am Leben erhalten werden. Öffnet man ein eben getötetes Kaninchen, so sind noch die Eingeweide in lebhafter peristaltischer Bewegung begriffen und die Muskeln zucken noch, wenn man sie reizt. Bei den niederen Tieren geht das Absterben noch viel langsamer; unter Umständen dauert es monatelang, bis die Kaltblüter nach tötlichen Verletzungen ganz tot sind. Abgetrennte Teile leben noch lange, Köpfe von Aalen öffnen noch lange ihren Rachen; ein losgetrennter Muskel des Frosches bleibt tagelang erregbar. Ausgeschnittene Herzen niederer Tier pulsieren stundenlang an den Apparaten des physiologischen Experimentators.

Ja schließlich gehen selbst mitten in unserer kräftigsten Lebensperiode fortwährend Absterbeerscheinungen vor sich, die einzelne Zellen betreffen. Man weiß von den weißen Blutkörperchen, den Knochenzellen, den Epithelzellen unserer Haut, von Bindegewebs- und Muskelzellen, daß sie nach gewissen Zeiten absterben und durch neue ersetzt werden, und nimmt verallgemeinernd an, daß sich mit allen Zellen des Körpers ein solcher langsamer Wechsel vollzieht. Gleicherweise sterben in den Bäumen fortgesetzt Zellen ab, die das tote Kernholz, die Borke usw. zusammensetzen, und in großem Maßstabe findet ja in jedem Herbst ein großes Sterben einzelner Organe statt, wenn die Blätter fallen.

# 11. Kapitel.

## Fortpflanzung, vegetative und sexuelle. Teilung, Knospung, Stecklinge, Schwärmsporen, Sporen. Kopulation von Spirogyra und von Gameten. Konjugation der Infusorien. Eibefruchtung. Befruchtung bei Blütenpflanzen. Generationswechsel. Parthenogenese. Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung. Bastardierung. Die Mendelsche Regel. Bestimmung des Geschlechts.

Der Tod ist das unvermeidliche Ende aller Lebewesen, mit so großer Zähigkeit sie auch am Leben hängen. Trotzdem erhält sich das Leben auf unserer Erde. Von den todgeweihten Organismen lösen sich kleinste Teile los und entwickeln sich wieder zu ihrem Ebenbilde. Die Individuen sind vergänglich, aber das Leben ist ewig. Es ewig zu erhalten in allen seinen mannigfaltigen Formen, ist eines der wichtigsten Interessen der lebendigen Natur. Der Wille zum Leben offenbart sich mit großer Wucht in dem rücksichtslosen Egoismus der Individuen, mit noch größerer aber in den Triebkräften, die die Natur in die Individuen legte, um ihre Art vor dem Tode zu retten. Sie, die sonst so sparsame, wird sogar unerhört verschwenderisch, um dies Ziel zu sichern.

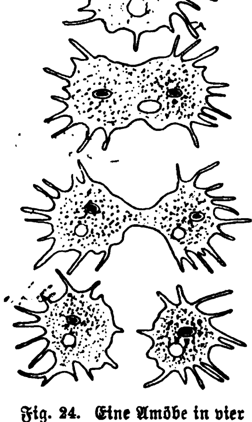


Fig. 24. Eine Amöbe in vier aufeinander folgenden Zuständen der Zweiteilung (n. F. E. Schulze).

Es ist auf zweierlei Weise erreichbar, nämlich durch die ungeschlechtliche oder vegetative und durch die geschlechtliche oder sexuelle Fortpflanzung.

Die einfachste Form der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist die Teilung. Durch sie vermehren sich die Einzelligen, die Bakterien, die Infusorien, viele einfache Algen. Jedes Individuum schnürt sich einfach in seiner Mitte durch und die beiden Hälften trennen sich voneinander. Fig. 24 stellt vier aufeinanderfolgende Phasen der Teilung einer Amöbe dar. Die Organe der Zelle

wie der Zellkern und (bei den Algen) der Farbstoffkörper werden bei diesem Prozeß ebenfalls geteilt, so daß jedes Tochterindividuum wieder vollständig ist. Wo noch besonders differenzierte Teile (wie z. B. Mundöffnung bei Paramäzien) vorhanden sind, wird der fehlende ergänzt. Bei manchen Lebewesen zerfällt das Muttertier in mehr als zwei Teile, in 4, 8, 16 usw.

Die Eigenschaft, sich einfach durch Teilung zu vermehren, ist den vielzelligen Tieren bis auf einige Fälle (wie bei dem Wurm Myrianida) verloren gegangen. Hier hat die vegetative Vermehrung andere Wege eingeschlagen. Bei dem Süßwasserpolypen, wie auch bei den verwandten Korallenpolypen wächst seitlich ein kleiner Auswuchs hervor (siehe Figur 25 k), welcher allmählich zum verkleinerten Ebenbilde des Muttertieres wird. Bei den Korallen bleibt der Sprößling am Stock, so daß reichverzweigte Kolonien auf diese Weise entstehen, bei dem Süßwasserpolypen löst er sich los. Man bezeichnet diese Art der Vermehrung als Knospung.

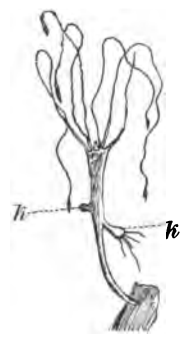



Fig. 25. Ein Süßwasserpolyp (Hydra fusca), aus dem zwei junge Tiere als seitliche Knospen hervorsprossen. Etwa 5 fach vergr. *k* Knospen.

An die Korallentiere schließen sich am ungezwungensten die Pflanzen an, bei denen Vorgänge der vegetativen Vermehrung sehr häufig sind. Die einzelnen Knospen, die eigentlich Unterindividuen darstellen, sind bei den meisten Pflanzen, wenn sie aus dem Verbande des Ganzen gelöst werden, unter günstigen Bedingungen entwicklungsfähig. Normal findet die Ablösung einzelner Pflanzenteile vielfach statt. Das bekannteste Beispiel bieten die Kartoffeln. Sie sind angeschwollene, dicht mit Stärke vollgepfropfte Teile unterirdischer Ausläufer, an denen mehrere Knospen, die Augen, sitzen. Bei einigen Zwiebelgewächsen werden an Stelle der Blüten kleine Zwiebelchen gebildet, bei Dentaria bulbifera entstehen in den Achseln der Blätter angeschwollene, rotbraune Knospen. Beide fallen dann ab, bewurzeln sich und treiben aus. Sehr verbreitet ist auch die Erscheinung, daß sich auf den Blättern neue Pflänzchen bilden. Durch Teilung bestimmter Zellen des Blattes wachsen die Anlagen zu den Tochterpflänzchen heran, meist solange sich das Blatt noch am Stock befindet. Solche mit kleinen Pflänzchen dicht besetzten Blätter, wie sie z. B. bei dem bekannten Bryophyllum (siehe Fig. 26) und bei manchen Farnen (Asplenium) vorkommen, gewähren

einen merkwürdigen Anblick. Bei Begonia wird diese Fähigkeit ja in ausgiebigstem Maße zur Vermehrung benutzt und durch Zerschneiden der Blattrippen noch unterstützt.



Fig. 26. Ein Blatt von Bryophyllum calycinum, aus dessen Rande mehrere junge Tochterpflänzchen hervorsprossen. Natürl. Größe.

Überhaupt wird in der Gärtnerei von der vegetativen Vermehrung durch gewaltsam losgetrennte Teile der ausgiebigste Gebrauch gemacht. Die Stecklinge stellen ja nichts weiter dar, als einzelne isolierte Unterindividuen eines Pflanzenstockes.

In allen diesen Fällen besteht der Vermehrungskörper aus vielen Zellen. Bei niederen Pflanzen ist aber eine ungeschlechtliche Vermehrungsart sehr weit verbreitet, die in der Ablösung einzelner, isolierter Zellen besteht. Sie werden meist in sehr großer Anzahl gebildet. Bei manchen Algen bilden sich im Inneren bestimmter Zellen eine Anzahl kleiner Tochterzellen, die mit feinen Rudergeißeln ausgerüstet sind und nach dem Platzen der Mutterzellen davonschwärmen. So z. B. bei der grünen Süßwasseralge Ulothrix, die die Fig. 27 in Schwärmsporenbildung zeigt. Aus jeder Zelle schlüpfen zwei Schwärmer aus. Der Schwärmer **a** ist vollständig entwickelt. Es sind sogenannte Schwärmsporen. Sie setzen sich nach kurzer Schwärmzeit irgendwo fest und wachsen wieder zu einer Alge heran. Schon früher hatten wir Gelegenheit, auf den grünlichen (aber chlorophyllfreien!) Staub hinzuweisen, der sich von unserem gewöhnlichen grünen Pinselschimmel loslöst und bei Berührung in Wolken davonstiebt. Er besteht aus kleinen, mit derber Hülle umgebenen Zellen, den Sporen. Die Fig. 28 zeigt ein

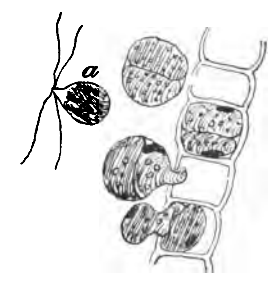



Fig. 27. Eine Fadenalge (Ulothrix) in Schwärmsporenbildung. Der Inhalt der Zellen hat sich zu je zwei Schwärmsporen umgebildet, die im Begriff sind, die Zellen zu verlassen. Bei *a* eine fertige Schwärmspore mit 4 Rudergeißeln. 482 fach vergr. (n. Dobel-Port).

Stück von diesem Pilz (Penicillium glaucum). Die aus einzelnen Zellen gebildeten zarten, verzweigten Fäden (*h*) wuchern in dem Substrat, in dem der Pilz wächst (Brot, Fruchtsäfte, Leder). Von ihnen erheben sich aufrechte, an den Enden pinselförmige Äste, von welchen sich die Sporen (*s*) loslösen. Die braune Masse, die wir aus den Lamellen eines Champignons schütteln, besteht ebenfalls aus Myriaden solcher Sporen; desgleichen der Staub, der auf der Unterseite der Farnblätter von den kleinen braunen Fleckchen stammt. Alle diese Sporen dienen der ungeschlechtlichen Vermehrung. Sie keimen aus und allmählich entsteht aus ihnen wieder die Mutterpflanze.

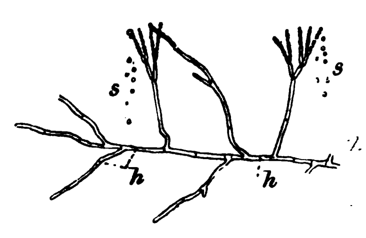



Fig. 28. Ein Stückchen Schimmel (Penicillium glaucum). 120 fach vergrößert. *h* Hyphen; *s* Sporen, von den Sporenträgern herabfallend.

Das gemeinsame Merkmal aller ungeschlechtlicher oder vegetativer Vermehrungsprozesse liegt darin, daß einzelne Teile, im extremen Falle einzelne Zellen, ihre Entwicklungsfähigkeit bewahren und, wenn sie losgelöst sind, einfach zum Ebenbild des Organismus heranwachsen können. Sie vervielfältigen ihn; die Ebenbilder sind unter sich und mit dem Stammwesen vollkommen identisch, da sie ja eigentlich nur selbständig gewordene Teile von ihnen sind, Plasma von seinem Plasma. Man könnte auch von einem Wachstum über das individuelle Maß hinaus sprechen.

Ganz anders liegen die Dinge bei der geschlechtlichen Fortpflanzung. Hier ist der Nachkomme Plasma von zweierlei Plasmen, hier liegt keine einfache Vervielfältigung, sondern eine Mischung vor, aus der nicht Identisches, sondern Neues hervorgeht.

Schon bei den niederen Lebewesen zeigen sich sexuelle Vorgänge. Da sie das Wesentliche derselben in ganz besonderer Klarheit und Übersichtlichkeit zeigen, seien einige ausführlicher geschildert.

Jene zierliche, mit grünem Spiralband ausgezeichnete Fadenalge Spirogyra, die wir als Beispiel für einen aus ganz gleichwertigen Zellen bestehenden Fadenverband oben (siehe Seite 15) beschrieben hatten, geht gelegentlich, nachdem die Zellen durch einfache Querteilung sich vermehrt haben und der Faden gewachsen ist,

geschlechtliche Verbindung ein (siehe Figur 29). Die Fäden ordnen sich parallel, so daß sich ihre einzelnen Zellen gegenüberliegen. Jede Zelle dieser Paare treibt eine kleine Ausstülpung, die zu einem kurzen Schlauche heranwächst. Beide Schläuche wachsen aufeinander zu, und wenn sie sich berührt haben, lösen sich die trennenden Querwände auf, so daß eine offene Verbindung entsteht. In diesem Verbindungsschlauch rutscht nun der eine Protoplast langsam zu seinem Gegenüber und vereinigt sich vollständig mit ihm. Plasma verschmilzt mit Plasma und Zellkern mit Zellkern. Aus zwei Zellen ist eine geworden. Diese umgibt sich dann mit einer derben braunen Haut, fällt schließlich aus der allmählich vergehenden Zellkammer heraus und keimt dann nach einiger Zeit aus. Die Membran platzt, aus dem Riß drängt sich eine typische Spirogyrazelle hervor, teilt sich, und durch fortgesetzte Teilungen entsteht wieder ein Faden. Bei einer anderen Fadenalge, Ulothrix, die auch ungeschlechtliche Schwärmsporen bildet (siehe Seite 73), entstehen in einzelnen Zellen kleinere Schwärmer, sogenannte Gameten (vergl. Figur 30, *g*), die ebenso wie die Schwärmsporen durch Platzen der Mutterzellmembran frei werden. Sie vermögen sich aber — und das ist wichtig — nicht allein weiter zu entwickeln. Erst wenn etwa in der Nähe auch eine andere Zelle ihre Gameten entleert hat, zeigt sich ihre Bestimmung. Paarweise gesellt sich Gamet zu Gamet (*gg*), sie legen sich aneinander und verschmelzen wiederum. Der Unterschied gegen Spirogyra ist also nur der, daß hier kleine beweg-

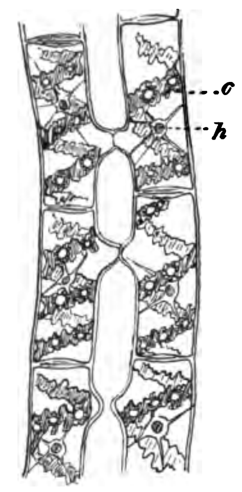



Fig. 29. Zwei Fäden der grünen Fadenalge Spirogyra. Die einzelnen Zellen sind im Begriff zu kopulieren (zum Teil nach Sachs). *n* Zellkern; *c* spiraliges Chlorophyllband. Ungefähr 500fach vergr.

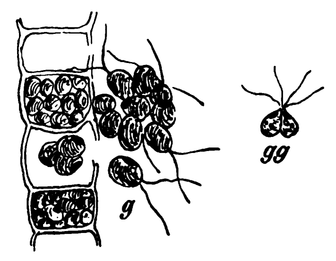



Fig. 30. Ein Stück der Fadenalge Ulothrix in Gametenbildung. In den Zellen haben sich viele Gameten entwickelt, die zum Teil schon ausgeschwärmt sind. *g* ein einzelner zweigeißliger Gamet; *gg* Kopulation zweier Gameten (n. Dobel-Port).

liche Zellen entstehen; der sexuelle Akt ist im Prinzip der gleiche.

Die Infusorien (wie z. B. Paramaecium) zeigen eine kleine Verschiedenheit. In faulendem Heuwasser, in welchem, schon dem Auge als weiße Pünktchen erkennbar, die Paramäzien in Schwärmen herumziehen, bemerkt man bei mikroskopischer Untersuchung von Zeit zu Zeit etwas sehr Auffälliges. Man sieht oft, wie zwei Paramäzien aneinander gelagert und fest miteinander verbunden sind. Was geschieht hier? Durch mühevolle Methoden ist man in die feineren Vorgänge eingedrungen, die sich während dieser „Kopulation" abspielen. Es treten bestimmte Bestandteile der Zellen wechselseitig über und vereinigen sich hier mit ähnlichen Bestandteilen. Dann lösen sich die beiden Tierchen voneinander los, und es beginnt eine besonders lebhafte vegetative Vermehrung durch Zweiteilung. Im Prinzip also auch hier dasselbe wie oben: Verschmelzung von zwei Plasmateilen verschiedener Herkunft.

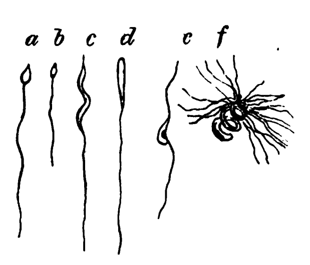


Fig. 31. Verschiedene Typen von männlichen Sexualzellen (Spermatozoen): *a* Affe; *b* Meduse; *c* Fink; *d* Frosch; *e* Blasentang; *f* Farnkraut (n. versch. Autoren). Stark vergrößert.

Die vielzelligen Lebewesen können natürlich im Sexualakt nicht ohne weiteres verschmelzen. Nur bestimmte Zellen ihres Körpers, die in besonderen Organen, den Sexualorganen, ausgebildet werden, sind für diesen Zweck bestimmt. So entsteht in ihnen eine Sonderung und ein Gegensatz von Körperzellen und Fortpflanzungszellen; jene sind vergänglich, diese, wenigstens der Fähigkeit nach und unter der Voraussetzung der sexuellen Verschmelzung, überleben. Außerdem bildet sich eine zweite Eigentümlichkeit bei den Vielzelligen heraus. Bei der Spirogyra und der Ulothrix und anderen niederen Organismen waren die beiden zur Vereinigung bestimmten Geschlechtszellen äußerlich vollkommen gleich, ihr sexueller Gegensatz konnte nur in ihrer inneren Struktur begründet sein. Man konnte nicht sagen, welche die weibliche und welche die männliche ist. Diese Unterscheidung von „männlich" und „weiblich" tritt nun ganz deutlich bei vielzelligen Organismen hervor. Die weiblichen Zellen sind groß, vollgestopft mit Nahrung für das zukünftige Lebewesen und demgemäß meist gar nicht,

selten schwerfällig beweglich. Sie werden als Eizellen bezeichnet. Die männlichen Zellen hingegen sind sehr klein, fast stets mittels besonderer Bewegungsorgane (Geißeln) beweglich. Sie werden in ungeheurer Menge erzeugt, schwärmen lebhaft und suchen, von besonderen Instinkten geleitet, die Eizellen auf. Sie werden als Spermatozoen bezeichnet. In der Figur 31 sind verschiedene Arten von Spermatozoen abgebildet.

Bei einem Seeigel würde sich die Vereinigung dieser beiden Zellen, also die Befruchtung in folgender Weise abspielen. Schneiden wir einen weiblichen Seeigel auf, nehmen aus seinem Eibehälter (Ovarium) etwas heraus und übertragen es in einen Tropfen Meerwasser; operieren wir dann einen männlichen Seeigel und fügen etwas von dem Inhalt seiner Keimdrüsen (Hoden, Testikeln) dem Wasser zu, so sind wir in der Lage, die Befruchtung unter dem Mikroskop zu beobachten. Größere Kugeln sehen wir im Wasser liegen, unbeweglich, das sind die Eizellen, und um sie herum in ungeheuren Schwärmen ganz winzige, kaum erkennbare, bakterienähnliche, wimmelnde Gestalten, die Spermatozoen. In dichten Scharen drängen sie sich an die Eizellen, immer mehr eilen herbei, stoßen und schieben sich, und der ganze tolle Schwarm vermag gelegentlich die schwere Eizelle zu bewegen. Aber nur einem Spermatozoon gelingt es, in das Ei einzudringen. In Figur 32 ist dieser Moment dargestellt. Im selben Moment umgibt sich dies mit einer festeren Membran und versperrt dadurch allen anderen Konkurrenten des Favoriten den Eintritt. Die Befruchtung hat ihren Anfang genommen. Wie sie weitergeht, entzieht sich der unmittelbaren Wahrnehmung. Die äußerst feinen Methoden der mikroskopischen Forschung ermöglichen es jedoch, den Vorgang bis zu Ende zu verfolgen. Der Kern des Spermatozoons wandert langsam auf den Kern der Eizelle zu und vereinigt sich mit ihm zu einem neuen Kern; das Plasma, welches sich allerdings nur in geringer Menge in dem schmächtigen Spermatozoon findet, hat sich ebenfalls mit dem des Eies vermischt. Die Befruchtung ist also auch hier die Verschmelzung zweier vollständiger Zellen.

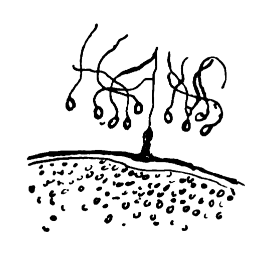


Fig. 32. Befruchtung bei einem Seestern. In das Ei (von dem nur ein Stück gezeichnet ist) dringt ein Spermatozoon ein (nach Fol).

In der Natur würde der Prozeß vollkommen ebenso verlaufen. Das Weibchen läßt die Eier ins Wasser treten, das Männchen entleert seine Spermatozoen ins Wasser, und hier, also außerhalb des mütterlichen Organismus findet die Befruchtung statt. Genau das gleiche ist der Fall z. B. bei den Fischen und bei den Fröschen, während bei den Landtieren, den Insekten, Säugetieren usw., besondere Einrichtungen ausgebildet sein müssen, um die Spermatozoen in das Innere des weiblichen Organismus zu schaffen, wo dann die Befruchtung erfolgt. Diese Hilfsapparate, die Begattungsorgane, sowie die Begattung selbst sind, so sehr auch in ihnen der äußerliche Unterschied der Geschlechter zum Ausdruck kommt, doch nur von untergeordneter Bedeutung gegenüber der Befruchtung, die stets das Wesentliche ist und auch keineswegs zeitlich mit der Begattung zusammenfällt.

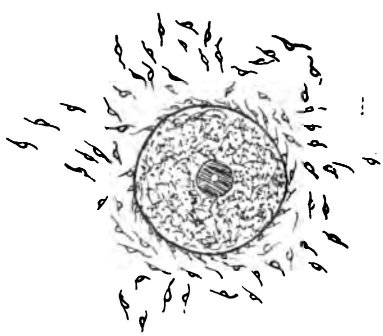


Fig. 33. Befruchtung bei dem Blasentang. Das Ei ist von zahllosen Spermatozoen umschwärmt (n. Strasburger). Stark vergr.

Gehen wir zu den Pflanzen über, so treffen wir bei vielen im Wasser lebenden Algen nahezu die gleichen Vorgänge. Geradezu frappant ist die Ähnlichkeit z. B. bei dem braunen Blasentang (Fucus vesiculosus), den jeder Besucher der Nordsee kennt. Auch hier werden große unbewegliche Eizellen von sehr winzigen Spermatozoen aufgesucht und die Befruchtung erfolgt in derselben Weise wie beim Seeigel. Figur 33 zeigt eine Eizelle, die von dichten Schwärmen von Spermatozoen umringt ist. Die Eier und die Spermatozoen werden in besonderen Behältern gebildet, die in den angeschwollenen Endlappen des verzweigten Algenkörpers sitzen.

Wir bemerkten vorhin, daß die Spermatozoen mit besonderen Instinkten begabt seien, um die Eizellen aufzusuchen. Das ist für manche Fälle direkt nachweisbar und zwar bei Pflanzen, während bei Tieren wahrscheinlich nur der Zufall mitwirkt, weshalb auch so kolossale Massen von Spermatozoen gebildet werden. Bei dem Seeigelei kommt die Ansammlung wahrscheinlich nur so zustande, daß die zufällig an das Ei stoßenden Spermatozoen hier durch einen besonderen Reiz festgehalten werden.

Bei Pflanzen, und zwar bei Moosen und Farnen, läßt sich aber wie gesagt eine Anlockung der Spermatozoen direkt beweisen. Sie besitzen nämlich ganz ähnlich wie Bakterien (siehe Seite 51) eine Empfindlichkeit für chemische Stoffe, und diese „chemotaktische" Reizbarkeit läßt sich ganz analog derjenigen der Bakterien experimentell zeigen. Füllt man nämlich ein dünnes Haarröhrchen mit einer Lösung von Apfelsäure und legt es in einen Wassertropfen, in dem sich viele Spermatozoen von einem Farn ziel- und regellos herumtummeln, so ist nach kurzem eine deutliche Ansammlung an der Mündung des Röhrchens sichtbar, die immer stärker wird, und auch hier wandert allmählich der ganze Schwarm in das Röhrchen hinein. Bei Moosen ist diese „reizende" Substanz Rohrzucker, bei Lebermoosen ein Eiweißstoff usw. Wenn also auf einem Moospflänzchen etwa in einem Regen- oder Tautropfen die Spermatozoen, die aus den männlichen Behältern ausgeschlüpft sind, ihren Weg zu den weiblichen flaschenförmigen Organen finden, in deren Grund die Eizelle verborgen liegt, so geschieht dies auf ganz dieselbe Weise wie in dem beschriebenen Experiment.

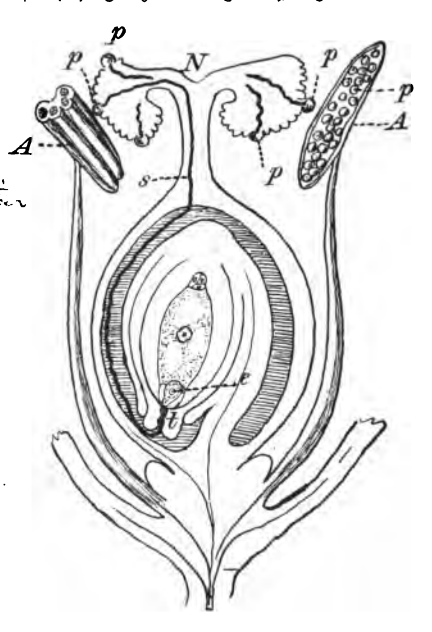



Fig. 34. Schematische Darstellung des Befruchtungsvorganges bei einer Blütenpflanze. Der in den Staubgefäßen (*A*, das linke ist quer, das rechte längs durchschnitten) gebildete Pollen (*p*) gelangt auf die Narbe (*N*), und treibt hier einen Pollenschlauch (*s*), welcher in die Fruchtknotenhöhlung und durch eine kleine Tür (*t*) in die Samenknospe eindringt und schließlich zur Eizelle (*e*) gelangt (nach Sachs).

Bei den höheren Pflanzen, den Phanerogamen, deren Sexualität seit der Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt ist, haben die männlichen Zellen ihre Beweglichkeit wieder verloren, weil die Befruchtung nicht mehr in einem flüssigen Medium stattfindet

und die Eizelle tief verborgen im Gewebe steckt. Der Pollenstaub, der nicht mit den Spermatozoen zu vergleichen ist, sondern nur als eine Art Vehikel derselben zu bezeichnen sein würde, wird durch den Wind oder durch Insekten auf die Narben der Blüten gebracht (vergl. Figur 34). Hier keimen die kleinen Pollenkörner (*p*) aus, sie treiben einen Schlauch (*s*), der sich in die Narbe hineinbohrt und durch das Gewebe des Griffels bis zur Höhlung des Fruchtknotens hinabdringt, wo die sogenannten Samenanlagen sitzen, die im Prinzip nichts anderes sind als von Gewebe umhüllte Eizellen. Der Schlauch wächst auch hier hinein und zwar durch eine kleine Tür (*t*) und gelangt so schließlich an sein Ziel, die Eizelle (*e*). Jetzt öffnet er sich, und es tritt die Sexualzelle (*mz*), welche sich in dem Ende des Schlauches befand, in die Eizelle (*ez*) über und verschmilzt mit ihr (siehe Figur 35). Es ist interessant, daß bei einigen auf der untersten Stufe der Phanerogamen stehenden Pflanzen die Beweglichkeit der männlichen Zelle, die aus dem Pollenschlauch austritt, noch erhalten ist. Bei dem ehrwürdigen Gingko (Gingko biloba), dem chinesisch-japanischen Tempelbaum, z. B. ist sie mit einer Wimperspirale versehen und schwach beweglich.

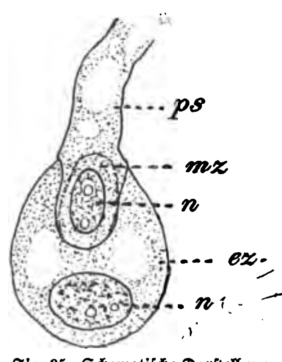


Fig. 35. Schematische Darstellung des Befruchtungsvorganges bei einer Blütenpflanze. Aus dem Ende des Pollenschlauches (*ps*) tritt die männliche Sexualzelle (*mz*) aus und ist im Begriff, sich mit der Eizelle (*ez*) zu vereinigen. *n* Zellkern.

Mit wenigen Worten sei schließlich noch einmal auf die ungeheure Menge hingewiesen, in der die Fortpflanzungszellen erzeugt werden. Besonders verschwenderisch werden die männlichen Zellen gebildet. Viele Milliarden Spermatozoen gehen zugrunde, während nur eins seine Bestimmung erfüllt. Doch auch die Eizellen werden im Überschuß angelegt. So zählte man in dem Ovar eines 17 jährigen Mädchens 35000 Eizellen, von denen im Laufe des Lebens nur ein geringer Teil (ca. 410) zur Reife gelangt und ein noch viel geringerer befruchtet sein würde. Ungeheuer sind auch die Massen von Sporen, die die Pilze, Farnkräuter entwickeln, sowie der Pollenkörner, die in den Blüten der höheren Pflanzen entstehen. Überall tritt das Bestreben der Natur hervor,

durch verschwenderische Produktion von Keimzellen die Erhaltung der Arten zu sichern.

Fast bei allen Lebewesen ist Sexualität nachgewiesen worden. Da, wo sie nicht bekannt ist, wie bei den Bakterien, vielen Pilzen, einigen Algen usw., ist vielleicht anzunehmen, daß sie sich bisher der Entdeckung entzogen hat, oder daß sie wieder verloren gegangen ist Wir begegnen also auch auf dem Gebiete der geschlechtlichen Fortpflanzung derselben befriedigenden Einheitlichkeit der organischen Natur, wie auf dem der Zellenlehre.

Im einfachsten Falle werden männliche und weibliche Zellen an ein und demselben Individuum erzeugt. Solche Organismen bezeichnet man als Zwitter oder Hermaphroditen. Schnecken, Austern, Blutegel, Regenwürmer sind Zwitter. Von höheren Tieren sind, abgesehen von einigen sehr seltenen Abnormitäten, nur der Seebarsch (Serranus scriba) und ein anderer den Neunaugen verwandter Fisch (Myxine glutinosa) bekannt. Unter den höheren Pflanzen ist jedoch bei weitem die Mehrzahl zwittrig.

Bei allen anderen Lebewesen haben sich aber die Geschlechter getrennt; die eine Form bringt nur männliche Sexualzellen, die andere nur weibliche hervor. Obwohl nach demselben Grundtypus gebaut, unterscheiden sich die beiden Formen oft durch auffällige gestaltliche Merkmale, abgesehen natürlich von den Unterschieden im Bau der Sexualorgane. Im allgemeinen sind die Männchen kräftiger, beweglicher, mit lebhafteren Sinnen ausgestattet, während die Weibchen schwerfälliger und schwächer sind. Doch kommen Ausnahmen genug hervor. Das flüchtige, dürre und dürftige Kreuzspinnenmännchen spielt neben dem drallen Weibchen nur eine sehr untergeordnete Rolle, und bei einem Wurm des Mittelmeeres (Bornellia) führt das winzige Männchen zeitlebens in dem Eileiter des Weibchens eine recht unwürdige Existenz.

Was das Verhältnis der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Fortpflanzung anlangt, so zeigen viele Lebewesen beide. Viele Pilze z. B. bilden zuzeiten außer ihren ungeschlechtlichen Sporen solche, die auf sexuellem Wege durch Verschmelzung zweier Zellen entstehen. Sehr verbreitet ist die Erscheinung, daß in der Reihe der Generationen mit geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung abgewechselt wird. Geschlechtslose Individuen bringen auf vegetativem Wege geschlechtliche hervor, die durch einen sexuellen Prozeß wieder geschlechtslose erzeugen.

Das erste Beispiel eines solchen Generationswechsels verdankt man dem Dichter Chamisso. Er entdeckte es auf seiner Seereise an einer Salpenart. Die Salpen sind durchsichtige, knorpliche, tönnchenförmige Meertiere, die teils einzeln, teils zu langen Ketten vereinigt vorkommen. Die Individuen dieser Ketten sind die Geschlechtstiere. Sie erzeugen die einzeln lebenden Salpen, welche ihrerseits wieder an einer bestimmten Körperstelle fortwährend neue Nachkommen hervorsprossen lassen, die zu Ketten vereinigt bleiben. Typischen Generationswechsel besitzen auch die Farnkräuter. Aus den Sporen auf der Unterseite der Blätter gehen kleine, unscheinbare, dem Farnkraut ganz unähnliche Pflänzchen hervor, die wie kleine grüne Schüppchen dem Erdboden angeschmiegt sind. An ihnen sind die Sexualorgane entwickelt und erst aus der befruchteten Eizelle (siehe Seite 79) geht wieder die Farnpflanze mit ihren Wedeln hervor. Ja, selbst bei allen höheren Pflanzen ist dieser Generationswechsel vorhanden, freilich in ganz versteckter Form. Es würde aber zu weit führen, dies deutlich zu machen.

Sehr interessant ist jedoch eine Erscheinung, die wir zum Schluß noch erwähnen müssen, das ist die Jungfernzeugung oder die Parthenogenesis. Diese Fortpflanzungsweise besteht darin, daß eine Eizelle nicht befruchtet zu werden braucht, sondern sich allein zu entwickeln vermag. Das weibliche Geschlecht hat sich von dem männlichen ganz emanzipiert. Von gewissen Blattläusen, einfachen Krebstierchen, Gallwespen kennt man überhaupt keine Männchen. Eine Wasseralge, die Chara crinita, entwickelt bei uns überhaupt keine Spermatozoiden, und doch keimen ihre Eizellen aus. Neuerdings sind sogar eine ganze Anzahl von parthenogenetisch sich vermehrenden Blütenpflanzen bekannt geworden, so daß, wenigstens im Pflanzenreich, die Parthenogenese eine größere Bedeutung zu haben scheint, als man dachte. Die Königin der Bienen legt sowohl befruchtete als auch unbefruchtete Eier. Aus ersteren gehen die Arbeiterinnen, aus letzteren die Drohnen hervor, die also parthenogenetisch erzeugt werden.

Neuerdings ist sogar der Versuch gemacht, künstlich zu befruchten, d. h. den Entwicklungsreiz, der von dem eingedrungenen Spermatozoon ausgeht, durch irgendwelche andere Reize zu ersetzen. So ist es z. B. geglückt, Seeigeleier dadurch, daß dem Kulturwasser etwas Magnesiumchlorid zugesetzt wurde, zur Entwicklung zu bringen. Die kleinen Larven, die $Mg\ Cl_2$ zum Vater

hatten, starben zwar bald ab, aber das Experiment ist doch theoretisch äußerst interessant. Sollte hiermit tatsächlich die Befruchtung ersetzt werden? Sollte das Problem der Sexualität auf so einfache Weise lösbar sein?

Damit kommen wir auf die wichtige Frage, was eigentlich die sexuelle Fortpflanzung zu bedeuten hat. Daß es der Natur bei ihr nicht einfach auf Vermehrung ankommt, liegt auf der Hand. Denn dies Ziel wird durch die vegetative Vermehrung weit sicherer, ausgiebiger und ohne diesen verschwenderischen Aufwand von komplizierten Einrichtungen, Instinkten usw. erreicht. Es muß also wohl etwas anderes dahinter stecken. Das Wesen aller sexuellen Vorgänge fanden wir in der Vermischung zweier Zellen. Diese stammen fast stets von verschiedenen Individuen; selbst bei Zwittern wird durch mannigfache, höchst sinnreiche Einrichtungen die Selbstbefruchtung vermieden und die kreuzweise Befruchtung zweier Zwitter begünstigt. In jeder der beiden Zellen müssen (das sehen wir am Nachkommen) sämtliche Eigenschaften der Individuen kondensiert sein. Jede enthält ein bestimmtes Eigenplasma mit kleinen individuellen Eigentümlichkeiten. Aus ihnen entsteht nun im Befruchtungsakt eine neue Mischung, und in dieser Mischung zweier Erbmassen verschiedener Herkunft haben wir die Bedeutung der Sexualität zu suchen. Damit wirklich die Sexualzellen vermischt werden, ist in ihrer Struktur ein besonderes Hemmnis ausgebildet, gewissermaßen eine Sperrung, die es verhindert, daß sie sich allein weiterentwickeln. Doch ist diese Sperrung teils normal, wie in den Fällen der Parthenogenese, teils durch künstliche Mittel, wie in den Magnesiumchlorideiern, überwindbar. Bei der normalen Befruchtung wird sie ebenfalls aufgehoben, da sich die Eizelle sofort anfängt zu teilen, aber der Sinn der Befruchtung liegt nicht in diesem Entwicklungsreiz allein, sondern hauptsächlich in der Mischung der elterlichen Merkmale.

Eine nicht ganz entschiedene Frage ist die, ob die Erbmasse an bestimmte Bestandteile der Geschlechtszellen gebunden ist. Früher (siehe Seite 14) hatten wir den Zellkern als wichtiges Zellorgan kennen gelernt und gesehen, wie peinlich genau seine Masse bei den Zellteilungen halbiert wird. Man vermutet, daß in ihm die Erbmasse deponiert sei, und infolgedessen die Kernverschmelzung das Wesentlichste bei der Befruchtung darstelle.

Was wird nun durch die Mischung erreicht? Nun das,

was überhaupt durch Mischung erreichbar ist: neue Kombinationen, die unter Umständen besondere Vorteile bieten. Statt der Einförmigkeit bei der vegetativen Vermehrung entsteht fortdauernd eine reiche Vielförmigkeit, die sich in einer Fülle kleinster individueller Züge dokumentiert. Vielförmigkeit ist aber eine notwendige Bedingung für die Wirksamkeit der Auslese im Darwinschen Sinne, und so erlangt die sexuelle Fortpflanzung eine große Bedeutung für den Fortschritt in der organischen Natur.

In gewissem Sinne ist jede Befruchtung eine Bastardierung, und zwar insofern, als sich ja die Eltern nicht genau gleichen. Ja sie dürfen sogar nicht zu nahe verwandt sein. Man spricht jedoch erst dann von Bastardierung, wenn die Unterschiede der Eltern so augenfällig sind, daß man sie verschiedenen Spielarten, Rassen, Varietäten, ja sogar verschiedenen Arten zurechnen muß. Dieser Spezialfall von Mischung, der einem Bastard den Ursprung gibt, ist deswegen besonders interessant, weil man den Erfolg der Mischung leichter verfolgen und ihren Gesetzen auf die Spur kommen kann. Von vielen Seiten dringt man mit emsigem Eifer in dies dunkle Gebiet vor, das sich an manchen Punkten verheißungsvoll zu erhellen beginnt. Damit eine Bastardierung gelingt, muß die Mischung überhaupt möglich sein. Das hängt von vielerlei Umständen ab, wird aber nicht genau durch den Verwandtschaftsgrad bestimmt, den die Systematik den Lebewesen zuschreibt und der als konventionelle Festsetzung oft der wirklichen Verwandtschaft (im deszendenztheoretischen Sinne natürlich) nicht entspricht. Im allgemeinen dürfen die Verschiedenheiten zwischen den Eltern nicht zu groß sein.

Es mischen sich z. B. ohne weiteres die Geschlechtszellen von Pferd und Esel, Schaf und Ziege, Hund und Wolf, Hase und Kaninchen, Pfirsich und Mandel. Alles dies sind Organismen, die sich durch viele Merkmale auffällig unterscheiden. Eine sehr große Menge von Beispielen liefern dann Kreuzungen zwischen Organismen, die sich nur durch wenige Merkmale oder nur durch eins unterscheiden, und hier kann das Schicksal der Merkmale bei der Mischung deutlicher erkannt werden.

Dabei haben sich ganz merkwürdige Gesetzmäßigkeiten herausgestellt, die wir hier an einigen besonders einfachen Beispielen erörtern möchten.

Zwei Erbsensorten z. B. unterscheiden sich nur dadurch, daß die eine rot, die andere weiß blüht. Man bestäubt nun eine

Anzahl roter Blüten mit dem Pollen von weißen. Wenn die Früchte reif sind, werden sie eingesammelt und im nächsten Jahr ausgesät. Die aus diesen Samen auflaufenden Erbsen blühen sämtlich rot, die weiße Blütenfarbe scheint ganz verschwunden zu sein. Werden aber von dieser Zucht, sagen wir 100 Erbsen genommen und ausgesät, so tauchen wieder weißblühende Pflanzen auf und zwar höchst merkwürdigerweise in einer ganz bestimmten Menge. Mit überraschender Genauigkeit beträgt nämlich der Prozentsatz 25, die übrigen 75 Pflanzen blühen wieder rot. Die 25 weißblühenden Exemplare blühen auch in allen folgenden Generationen weiß, werden jedoch die 75 rotblühenden auf ihre Nachkommen hin untersucht, so ergibt sich, daß sie im Punkt ihrer Erblichkeit nicht gleichförmig sind, sondern daß 25 von ihnen dauernd rotblühende Nachkommen liefern, während der Rest, also 50, wieder 25 % weißblühende und 75 % rotblühende Nachkommen haben. So geht das immer weiter. Es findet also fortdauernd wieder eine Entmischung statt oder eine „Spaltung", wie man hier sagt. Ebenso verhalten sich z. B. die verschiedenen Generationen, die aus der Kreuzung zweier Hühnerrassen hervorgehen, die sich durch die verschiedene Form ihres Kammes unterscheiden. Die eine Rasse hat einen einfachen, die andere einen sogenannten „Erbsenkamm". Die erste Nachkommenschaft hat sämtlich einen „Erbsenkamm", die aus ihr hervorgehenden Küken „spalten" sich jedoch wieder, indem 75 % den Erbsenkamm und 25 % den einfachen Kamm zeigen. Von den 75 % mit Erbsenkämmen sind dann wie oben wieder $^1/_3$ in allen folgenden Generationen beständig, während $^2/_3$ weiter „spalten".

Zweierlei folgert man hieraus. Erstens, daß die beiden Merkmale, durch die sich die Eltern unterscheiden, nicht gleiche Erbkraft haben. Treffen sie zusammen, wie es ja bei der ursprünglichen Mischung geschah, so findet gewissermaßen ein Kampf unter ihnen statt, indem eins siegt und das andere gänzlich unterdrückt. Die Nachkommen zeigen also nur das siegende Merkmal. Da aber das unterdrückte Merkmal in der folgenden Generation wieder auftaucht, nimmt man zweitens an, daß die Geschlechtszellen (also bei den Erbsen Pollen und Eizellen) gar nicht mehr beide Merkmale enthalten, sondern eine Entmischung in der Weise stattgefunden hat, daß die Hälfte der Pollenkörner bzw. Eizellen nur das eine (rot), die andere Hälfte nur das andere (weiß) aufweist. Diese, der freien Kreuzung überlassen, können sich nun in vier ver-

schiedenen Kombinationen vereinigen, nämlich: weißer*) Pollen mit weißen Eizellen, roter Pollen mit roten Eizellen, roter Pollen mit weißen Eizellen, weißer Pollen mit roten Eizellen. Da nun jede dieser Kombinationen gleich leicht eintreten kann, müssen sie ganz gleichen Anteil an der ganzen Nachkommenzahl haben. Das ist nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit für jede Kombination $1/4$, also $1/4$ Rot-rot-Mischung, $1/4$ weiß-weiß, $2/4$ rot-weiß ($= 1/4$ rot-weiß $+ 1/4$ weiß-rot, was ja dasselbe ist). Hierdurch wird nun in der Tat das Verhalten der zweiten Generation erklärt. Die Hälfte zeigt wieder die beiden Stammformen (die Weiß-weiß- und die Rot-rot-Kombination, die natürlich Weiß bzw. Rot geben muß), die andere Hälfte nur sind wirkliche Bastarde, die jedoch äußerlich der rotblühenden Rasse gleichen, da ja aus unserer ersten Folgerung sich ergibt, daß beim Zusammentreffen von rot-weiß rot siegt. Diese eigentliche Bastardhälfte verhält sich nun wieder genau wie die erste Bastardgeneration. Wieder entmischen sich bei der Anlage der Pollen bzw. der Eizellen die beiden Merkmale und werden auf die Hälfte verteilt. Wieder ergeben sich die vier Kombinationen in gleichen Mengen. Für eine Menge Rassenbastarde gilt diese Regel ganz rein, auch für solche, die sich in mehr als einem Merkmal unterscheiden, natürlich hier in entsprechender Verwicklung, die aber die Wahrscheinlichkeitsrechnung als ganz gesetzmäßig nachweist.

Doch gilt dies nicht für alle Merkmale. Bei vielen ist der extreme Fall der absoluten Unterdrückung des einen durch seinen Partner nicht verwirklicht. Sie bringen sich, nur verschieden stark, beide zur Geltung, indem sie sich gegenseitig etwas modifizieren. Bei anderen erfolgt die Mischung nach ganz anderen Regeln. Alle diese höchst verwickelten Erscheinungen können uns hier nicht näher beschäftigen, sind zudem in vielen Fällen noch sehr dunkel. Es sollte nur an den obigen einfachsten Beispielen gezeigt werden, wie weit die moderne Forschung in so verwickelte Lebensprobleme, wie sie die Bastardierung bietet, einzudringen, wie sie dieselben sogar einer mathematischen Behandlung zu unterwerfen vermag.

Wir können das Gebiet der Fortpflanzung nicht verlassen, ohne noch zum Schluß eine Frage zu erörtern, welche nicht nur rein wissenschaftliche Bedeutung besitzt, sondern auch von erheb-

*) d. h. natürlich stets Pollen bzw. Eizellen mit der Anlage „weißblühend“ bzw. „rotblühend“.

lichem allgemeinem Interesse ist, das ist die Frage nach den Ursachen, welche aus einer Eizelle ein Weibchen, aus einer anderen ein Männchen hervorgehen lassen. Für den Menschen ist dies Problem ja ganz besonders wichtig, und es ist deshalb kein Wunder, daß man sich seit den ältesten Zeiten Vorstellungen über die Entstehung des Geschlechtes gemacht hat. Der letzte Versuch ist die Schenksche Theorie, von der vor einigen Jahren jedermann sprach, die aber jetzt schon wieder lautlos verschwunden zu sein scheint, wie so manches, das mit allzugroßem Eifer bis in die unbedeutendsten Tagesblättchen kolportiert worden ist und die Gemüter „weitester Kreise“ erregt hat.

Die Schenksche Theorie, die im Prinzip eigentlich uralt ist, läuft darauf hinaus, durch eine bestimmte Ernährung der Mutter das Geschlecht des zukünftigen jungen Menschen zu beeinflussen, und zwar zielt das Verfahren auf das praktisch wichtigste Ziel, die Erzeugung von Knaben, ab. Schenk schlägt in der neusten Form seines Verfahrens eine Abmagerungskur vor, der sich die Frauen unterwerfen sollen, wenn sie einen Knaben zur Welt bringen wollen. Kein Fett, keine Kohlehydrate, sondern nur eiweißreiche Nahrung, hauptsächlich Fleisch sollen sie essen, also eine Diät einhalten, die Ähnlichkeit mit der eines Zuckerkranken hat.

Daß in der Tat die Ernährung einen Einfluß auf das Geschlecht haben kann, steht für einige niedere Tiere fest, allerdings nur für ihre parthenogenetisch erzeugten Nachkommen. So legen z. B. die Weibchen der Wasserflöhe (kleine, als Daphniden bezeichnete Krebstierchen) im Sommer dünnschalige Eier, aus denen sich ohne Befruchtung, also parthenogenetisch, ausschließlich Weibchen entwickeln. Gegen den Herbst zu entwickeln sich jedoch aus diesen Sommereiern Männchen, die die vorhandenen Weibchen befruchten. Diese legen dann hartschalige, sogenannte Wintereier, doch interessieren uns hier nur die parthenogenetischen Sommereier. Welche Umstände bewirken es, daß während des Sommers nur Weibchen, während des Herbstes nur Männchen aus ihnen ausschlüpfen? Es hat sich gezeigt, daß es die Temperatur ist, die hierüber entscheidet. Hält man die Weibchen im Herbst bei künstlicher Wärme, so fahren sie fort, weibliche Nachkommenschaft hervorzubringen; setzt man sie im Sommer künstlicher Kälte aus, so geben sie sogleich Männchen das Leben. Weitere Erfahrungen an einem Rädertierchen (Hydatina senta) haben dann gelehrt, daß die Temperatur nur indirekt wirkt, daß der direkte geschlechtsbestimmende Faktor die Ernährung

ist. Die einzelnen Individuen dieser Hydatina, die sich im Sommer ebenfalls nur parthenogenetisch fortpflanzt, legen entweder nur männliche oder nur weibliche Eier. Läßt man nun eine Anzahl junger Weibchen hungern, so legen sie alle männliche Eier, füttert man sie jedoch möglichst reichlich, so ist die Nachkommenschaft ausschließlich weiblich. Diese Beobachtungen betreffen, wie gesagt, nur parthenogenetisch erzeugte Nachkommen. Die geschlechtlich erzeugte Nachkommenschaft der höheren Tiere hat sich in ähnlicher Weise bisher nicht beeinflussen lassen.

Das Verhältnis der männlichen zu den weiblichen Geburten ist bei dem Menschen sehr beständig, wie seit langem die statistischen Erhebungen erwiesen haben. In Europa kommen im Durchschnitt 106 Knaben auf 100 Mädchen, und dieses Verhältnis war schon im 17. Jahrhundert in London genau das gleiche. Auch für Tiere haben sich ziemlich konstante Geschlechtsverhältnisziffern ergeben. Es verhalten sich die männlichen zu den weiblichen Nachkommen z. B. beim Pferd wie 98.31 : 100, beim Schaf wie 97.7 : 100, beim Frosch wie 82.0 : 100, beim Rind wie 107.3 : 100, bei der Taube wie 115.0 : 100. Ja sogar bei Pflanzen haben sich ähnliche konstante Verhältniszahlen herausgestellt, wie z. B. bei dem getrenntgeschlechtlichen (zweihäufigen) Bingelkraut (Mercurialis annua).

Die Erzeugung der männlichen und weiblichen Individuen ist also nicht dem Zufall unterworfen, sondern durch eine strenge Gesetzmäßigkeit geregelt. Worin diese begründet ist, kann zurzeit nicht angegeben werden, doch läßt sich das Problem von einigen Seiten her etwas aufhellen.

Zunächst muß man fragen, wann denn überhaupt das Geschlecht des jungen Lebewesens definitiv bestimmt ist, oder besser, mit Bestimmtheit erkannt werden kann. Dieser Zeitpunkt ist bei den Embryonen der Säugetiere, speziell des Menschen ziemlich weit herausgerückt, wenn wir die äußeren Geschlechtsorgane berücksichtigen. Diese sind nämlich beim männlichen wie beim weiblichen Geschlecht bis zum Ende des dritten Monates vollkommen gleich. Erst dann beginnen sie sich nach den beiden verschiedenen Richtungen herauszugestalten. Viel kürzer ist jedoch das Stadium der Gleichheit für die wichtigsten Geschlechtsmerkmale, nämlich für die Keimdrüsen selbst. Schon beim fünf Wochen alten Embryo läßt sich durch mikroskopische Methoden feststellen, ob in den Geschlechtsdrüsen, die im Innern des Körpers sich

anlegen, Eizellen oder Spermatozoen dereinst entstehen werden. Also nur während der ersten Wochen der Entwicklung ist das junge Lebewesen geschlechtslos, wenigstens soweit wir das mit den uns möglichen Untersuchungsmethoden feststellen können. Mancherlei Gründe nötigen jedoch zu der Annahme, daß das Geschlecht schon im befruchteten Ei endgültig festgelegt ist. Alle äußeren Einflüsse, die nach diesem Moment auf den Embryo einwirken, würden also für die Bestimmung des Geschlechtes nicht mehr in Betracht kommen, und es würde mithin sich nur noch um die Frage handeln, welchem der beiden im Befruchtungsakt verschmelzenden Elementen die Bestimmung des zukünftigen Geschlechts zufällt. Gibt es männliche und weibliche Eizellen und sind die Spermatozoen geschlechtslos, oder verhält es sich umgekehrt? Oder aber könnte es auch so sein, daß jede der beiden Sexualzellen ihr eigenes Geschlecht, oder auch das entgegengesetzte zu vererben bestimmt ist, und das Resultat nur durch das Überwiegen der einen Geschlechtszelle über die andere zustande kommt? Oder sind schließlich sowohl die Eizellen wie die Spermatozoen zum Teil männlich, zum Teil weiblich? Diese Fragen sind sehr schwer zu beantworten. Sicheres weiß man jedenfalls nicht, um sich für die eine oder die andere Möglichkeit zu entscheiden. Neuere Erfahrungen an Pflanzen machen es wahrscheinlich, daß jede Geschlechtszelle (d. h. also die Eizelle und der Pollen) die Tendenz hat, das eigene Geschlecht zu vererben. Andere Tatsachen sprechen wieder dafür, daß die Eizellen, obwohl sie äußerlich alle gleich aussehen, doch ihrem inneren Bau nach schon in zwei Gruppen geschieden sind, nämlich in solche, aus denen nach der Befruchtung Knaben, und in solche, aus denen Mädchen hervorgehen. Jene konstante Geschlechtsproportion, von der wir oben sprachen, würde also in letzter Linie in einer eigentümlichen Organisation des weiblichen Körpers begründet liegen. Als besonders beweiskräftig für diese Ansicht wird das Beispiel eines kleinen marinen Strudelwurmes, Dinophilus apatris, angeführt, bei dem in der Tat der Geschlechtsunterschied schon in den Eiern ausgeprägt ist. In den kleinen Eipaketen, die das Weibchen nach Befruchtung durch das Männchen ablegt, lassen sich größere dunklere und kleine hellere Eier unterscheiden. Aus jenen entstehen die Weibchen, aus diesen die viel kleineren Männchen.

Bei diesem Tier entscheidet also die Eizelle allein über das Geschlecht, das dazutretende Spermatozoon ändert daran nichts.

Wenn auch in ganz anderer Weise, so doch willkürlich entscheidet die Bienenkönigin über das Geschlecht ihrer Nachkommenschaft. Sie bewahrt von ihrem Hochzeitsfluge her das Sperma in einem besonderen Behälter auf, wo es sich bis 5 Jahre lang lebendig erhält. Sie läßt nun, wenn sie die Eier legt, teils etwas Sperma dazutreten, teils nicht. Aus den befruchteten Eiern entwickeln sich dann ausschließlich weibliche Bienen, aus den unbefruchteten nur männliche, die Drohnen.

---

## 12. Kapitel.

### Variabilität, ihre verschiedenen Formen. Flutende Variabilität, Variabilität, hervorgerufen durch Standort, Klima, Gebrauch oder Nichtgebrauch usw. Mutationen. Die Deszendenz- und die Mutationstheorie.

Veränderlichkeit liegt im Wesen der lebendigen Substanz, deren hohe Labilität und Bildsamkeit wir früher schilderten. Das Leben ist nicht starr. Ein Kristall kann wohl dem andern gleichen, nie aber ein Lebewesen dem andern. Vergleichen wir die Menschen auf der Straße, so finden wir wohl manche Ähnlichkeit, nie aber vollkommene Gleichheit. Bei fremden Rassen scheint die Ähnlichkeit größer zu sein. Japaner, Neger, zeigen meist eine verblüffende Gleichförmigkeit, aber nur deshalb, weil unser Auge nicht für das Erkennen ihrer individuellen Unterschiede genug geübt und geschärft ist, wie wir auch aus einer Schafherde unmöglich einzelne Schafe herauszuerkennen vermögen. Trotzdem sind individuelle kleine Unterschiede überall kenntlich, dem genauen Kenner Japans erscheinen seine Bewohner ebenso verschieden, wie dem Hirten seine Schafe.

Eine Quelle der „Variabilität" haben wir bereits kennen gelernt: die fortgesetzte Mischung, wie sie im Reich der Lebewesen allgemein in den geschlechtlichen Prozessen gegeben ist. Es entstehen hier neue Kombinationen, die man sich nicht einfach kaleidoskop- oder mosaikartig vorstellen darf, sondern die auch durch mannigfaltige gegenseitige Beeinflussung, Verstärkung, Unterdrückung der einzelnen Bestandteile der Erbmasse entstehen. Besonders auffallend werden die neuen Kombinationen bei Bastardierungen,

und nicht allein dies, sondern das Bastardieren selbst hat in den späteren Generationen oft eine große Variabilität zur Folge. Es macht den Eindruck, als ob die Erbmasse in große innere Bewegung geraten sei, die sich in üppiger Formverschiedenheit äußert.

Außerdem gibt es auch, unabhängig von geschlechtlichen Vorgängen, eine Veränderlichkeit, die wir allgemein bei allen Lebewesen antreffen. Bei ihr handelt es sich nicht um neue Kombinationen oder neu auftretende Eigenschaften, sondern nur um ein Mehr oder Weniger in Größe, Stärke einzelner Merkmale. Diese sogenannte „flutende" oder Plus- und Minusvariation ist der Gegenstand statistischer Erhebungen, die zuerst beim Menschen angestellt wurden, heute aber von den „Variationsstatistikern" in größtem Umfange auf Tiere und Pflanzen ausgedehnt werden. Wenn man z. B. eine größere Probe Bohnen nimmt, so wird man schon bei oberflächlicher Beobachtung sehen, daß sie verschieden groß und schwer sind, selbst wenn wir etwa die Bohnen nur von einer Pflanze einsammeln. Sondern wir nun die Bohnen, die gleiches Gewicht haben, zu besonderen Haufen, und legen diese nebeneinander, so sehen wir, wie die Häufchen nach der Mitte zu immer größer werden, um dann nach der anderen Seite wieder zusammenzuschrumpfen. Das heißt aber: die extrem kleinen und die extrem großen Bohnen sind am seltensten, auch die diesem Extrem nächsten sind noch verhältnismäßig selten, dann aber werden die folgenden Größen rasch sehr häufig, und eine mittlere Größe ist durch die meisten Bohnen vertreten. Der mittlere Haufe ist am größten. Die Häufigkeit läßt sich durch eine symmetrische Kurve darstellen, die man als Galtonkurve bezeichnet. Sie steigt erst langsam, dann sehr rasch bis zu einem Gipfel und fällt auf der anderen Seite ebenso wieder ab.

Alle die flutenden Variationen haben nun das Gemeinsame, daß sie sich durch eine solche Galtonkurve anschaulich machen lassen. Die verschiedene Schwere der Zuckerrüben auf einem Felde, die verschiedene Länge der Blätter eines Baumes usw., alles dies würde in das Gebiet der Plus-minus-Variation zu rechnen sein.

Ein Teil der Veränderungen ist unzweifelhaft durch die Umgebung bedingt. Ernährung, Klima, Lebensbedingungen allgemein üben einen großen Einfluß aus. Pflanzen von gutem oder schlechtem Boden, gut oder schlecht gefütterte Tiere sind in

Größe und manchen Einzelheiten verschieden. Pflanzen, die auf hohen Bergen wachsen, verändern ihr Aussehen total, wenn sie in die Ebene verpflanzt werden. Ein Edelweiß im Garten würde man kaum wiedererkennen. Pflanzen, die im Schatten wachsen, sehen ganz anders aus, als wenn sie am Licht stehen. Daß den Menschen Klima, Beschäftigung, Nahrung, kurz das „Milieu" beeinflußt, unterliegt keinem Zweifel. Am auffälligsten ist das z. B. an der amerikanischen Nation zu beobachten, die trotz ihrer ungemeinen Zusammengesetztheit einen sehr einheitlichen Charakter trägt.

Besonders stark äußert sich die Einwirkung bei dem Gebrauch oder Nichtgebrauch einzelner Teile. Häufige gymnastische Übungen bedingen eine starke Ausbildung der Muskeln wie bei Athleten, das Leben im Freien schärft die Sinne bei dem Jäger, Soldaten, und umgekehrt: jeder weiß, wie rasch besondere Fähigkeiten abnehmen bei Nichtgebrauch der betreffenden Organe, und wie gleichzeitig auch eine Abnahme derselben damit verknüpft ist.

Schließlich seien noch Veränderungen erwähnt, die ihrem Ursprung nach ziemlich dunkel sind, aber jedenfalls direkt mit der Einwirkung des Milieus oder mit der flutenden Variation nichts zu tun haben. Das sind die sprunghaften Variationen, die auch als Mutationen bezeichnet werden. In einer Anpflanzung von Mohn z. B. entdeckt man ein Exemplar, das an seinen Blumenblättern eine weiße Kante besitzt; oder eine Hainbuche treibt einen Ast, der tiefgeschlitzte Blätter trägt; oder es taucht in einer Zucht von Schafen plötzlich eins auf, das ganz kurze Dachsbeine besitzt, wie das Anconschaf.

Als extreme Beispiele gehören auch hierher die Monstrositäten (Mißbildungen), die gefüllten Blumen, die Hirsche mit abnormen Geweihen usw., die sich natürlich nicht (ebensowenig wie das Anconschaf) in der Natur auf die Dauer hielten, falls sie nicht gelegentlich von dem Menschen zu bestimmten Zwecken gezüchtet wurden. Gefüllte Blumen sind ja ein wertvoller Handelsartikel, und da jenes dachsbeinige Schaf die schätzenswerte Eigenschaft hatte, daß es nicht über die Zäune springen konnte, so wurde und wird es noch heute weitergezüchtet. Wie solche neue Formen entstehen, ist nicht genau anzugeben, oft handelt es sich zweifellos um ganz neue Eigenschaften, oft aber auch um das gelegentliche Wirksamwerden von Teilen der Erbmasse, die lange Zeit unterdrückt waren (Atavismus).

Veränderungen gibt es also überall in der Natur, wenngleich sie in ihrem Charakter und ihrem Ursprung nicht alle gleichwertig sind.

In der Erblichkeit und der Variabilität haben wir zwei Tatsachen kennen gelernt, die zu dem genialsten Gedanken vereinigt worden sind, den die moderne Biologie aufweist. Blitzartig ist er um die Wende des 19. Jahrhunderts hier und da aufgezuckt, aber erst Darwin hat ihn in diejenige Form gebracht, die ihn zu einer abgeschlossenen Theorie stempelte. Das ist die Deszendenztheorie oder die Abstammungslehre. Ihr Gedankengang ist bekanntlich folgender: Wenn irgendeine Art von Lebewesen in ihren Individuen kleine Abänderungen zeigt, wenn solche Veränderungen vererbt werden können, und wenn es in der Natur irgendeinen Faktor gibt, der, immer in derselben Weise wirkend, immer nur ganz bestimmte Veränderungen sich vererben läßt, also eine richtende Wirkung ausübt, so müssen die Veränderungen allmählich die Individuen weiter und weiter von ihrer ursprünglichen Form entfernen, bis sie schließlich deutlich anders aussehen. Und was für einzelne Merkmale und einzelne Individuen gilt, muß auch für die gesamte Lebewelt gelten. Eine Lebeform hat sich also aus der anderen entwickelt, und in letzter Linie sind alle aus einem einfachen Anfange hervorgegangen. Als den dirigierenden Faktor hat nun Darwin, und das ist sein eigenstes Verdienst, die Auslese mittels des Kampfes ums Dasein erkannt. Unter der teilweise kolossalen Menge von Nachkommen eines Lebewesens haben nur die Aussicht, sich der Konkurrenz gegenüber zu behaupten, die am besten für die Ausnutzung der umgebenden Bedingungen eingerichtet sind. Diese vererben auch infolgedessen ihre Eigenschaften. Die äußeren Bedingungen wählen also indirekt selbst diejenigen Formen aus, die ihre Organisation vererben sollen, und so wird auch die Harmonie der Struktur der Lebewesen mit den Bedingungen, unter denen sie leben, mit einem Wort die Zweckmäßigkeit ihres Baues in eine ganz neue Beleuchtung gerückt.

Da wir bei diesem Buche nur das Ziel im Auge haben, ein Bild der Lebenserscheinungen zu geben, wie sie uns momentan in der Natur entgegentreten, so fallen alle die Schlüsse, die man aus den historischen Dokumenten vorweltlicher Lebeformen, aus der Vergleichung der jetzt lebenden und ihrer Entwicklungsgeschichte zieht, außerhalb des Rahmens unserer Betrachtung. Wir wollen

nur sehen, wie weit die unmittelbar kontrollierbaren Voraussetzungen der Entwicklungslehre zutreffen, und dabei kommen in erster Linie wieder Variabilität und Erblichkeit in Frage.

Daß wirklich eine Entwicklung in der organischen Natur stattgefunden hat, ist eine Vorstellung, die so sehr in unser modernes Denken übergegangen ist und sich so fruchtbar auf sehr verschiedenen Forschungsgebieten erwiesen hat, daß wir sie schlechterdings nicht hinwegzudenken vermöchten. Alles, was jedoch mit den bewirkenden Faktoren, mit dem Wie zusammenhängt, ist der Gegenstand von Meinungsverschiedenheiten, was ja auch bei dem jugendlichen Alter einer so weltbewegenden Theorie*) kein Wunder nehmen darf.

Eine sehr wichtige Frage ist die, welche Veränderungen denn überhaupt das Material bieten, aus dem die Natur ausliest. Sind es die Plus-minus-Variationen? oder die Variationen, die direkt durch das umgebende Medium, das „Milieu", sowie durch Gebrauch und Nichtgebrauch bedingt sind? Oder sind es die sprunghaften Variationen? Auf alle Fälle zunächst können es nur solche sein, die sich überhaupt vererben. Damit berühren wir gleich einen Streitpunkt. Vererben sich im Laufe des individuellen Lebens erworbene Eigenschaften? Lamarck, der bedeutendste Vorgänger Darwins, bejaht diese Frage energisch. Nach ihm ist es der direkte Einfluß des „monde ambiant" (worunter Standort, Lebensweise, Übung, Ernährung zu verstehen ist), der die Struktur der Organismen verändert und diese Veränderungen sind erblich. Genau das Gegenteil vertritt Weismann in seiner „Keimplasmatheorie". Nur solche Eigenschaften vererben sich und unterliegen der Auslese, die auf innere Verschiebungen, gegenseitige Beeinflussungen der Teilchen im Keimplasma (d. h. im Plasma der Geschlecht-zellen) zurückgehen. Nur diejenigen äußeren Bedingungen haben erbliche Wirkungen, die direkt die Zusammensetzung des Keimplasmas ändern. Das sollen aber z. B. alle erworbenen und durch Übung vervollkommneten Fertigkeiten nicht tun, sie vererben sich auch nicht, höchstens die Anlage dazu.

Die flutende Variation galt Darwin noch als ein wichtiger Bestandteil des Materials, aus dem sowohl der Züchter wie die Natur neue Formen entstehen läßt. Heute spricht ihr der

*) Darwins grundlegendes Buch „Über den Ursprung der Arten mittels der natürlichen Zuchtwahl" erschien im Jahre 1859.

Holländer de Vries jegliche Bedeutung für die Artumbildung ab. Durch konsequente Auswahl von Plus-minus-Varianten könne wohl ein gewisser Fortschritt erzielt werden, doch überschreite dieser nie eine rasch erreichbare obere Grenze, verschwände außerdem sofort wieder, wenn die Züchtung aufhöre. Das Material, das ausschließlich für den Fortschritt in der Natur in Betracht käme, seien die sprunghaften Veränderungen (Mutationen), die aus unbekannten inneren Gründen gelegentlich in großen Perioden bei den Lebewesen aufträten. Während sich der Entwicklungsprozeß für Darwin als ein allmähliches Vorwärts- und Auseinandergleiten darstellte, ohne Unterbrechung, ist er für de Vries ein ruckweises Vorwärtsspringen.

---

## 13. Kapitel.

### Die Entstehung des Lebens auf der Erde und sein einstiges Schicksal. Urzeugung. Drohende Gefahren.

Das Leben hat eine Geschichte so gut wie seine höchste Form, der Mensch, und wie die Erde, die ihn und das übrige Leben trägt. Hat es aber auch ewig bestanden wie die Stoffe und Kräfte, von denen wir annehmen, daß sie von Anbeginn da waren, und ist es ebenso unvergänglich, wie es von diesen gilt?

Wenn wir annehmen, daß die Grundeigenschaften des Lebens stets dieselben gewesen sind, so ist der Schluß unvermeidlich, daß das Leben auf unserer Erde einmal einen Anfang genommen haben muß. Denn in ihren frühen Entwicklungsperioden haben Bedingungen geherrscht, unter denen heute Lebensprozesse gänzlich ausgeschlossen sind. Die hohe Temperatur, bei der das Wasser nur als Dampfhülle die Erde umgab, machte die Existenz von Leben unmöglich. Erst als die Erdoberfläche erkaltete und sich Wasser auf ihr ansammelte, konnte Leben entstehen. Entstand es aber wirklich aus den Elementen der Erde selbst, oder kamen Keime von außen, etwa mit Meteoren zugeflogen? Wenngleich diese Möglichkeit nicht abgestritten werden kann, so verlegt sie unser Problem doch nur auf einen anderen Weltkörper, so daß wir um das Problem selbst nicht herumkommen.

Es muß also irgendwann und irgendwo im feuchten Schlamm eine solche Vereinigung von Stoffen zustande gekommen sein, die

schon die Eigenschaften des Plasmas zeigte: kleine schleimige, amöbenartige Klümpchen im Weltmeer. „Im weiten Meere mußt du anbeginnen!“ rät Proteus dem Homunkulus (Faust II), „und bis zum Menschen hast du Zeit,“ sagt Thales später zu ihm. Freilich, denn unsere Phantasie kann sich diese Urwesen nicht einfach genug vorstellen. Die einfachsten Wesen, die wir kennen lernten, die Bakterien, Amöben, sind schon verhältnismäßig hoch entwickelt, da sie schon deutlich einzelne Teile erkennen lassen, die man als primitive Zellorgane ansehen kann und die schon das Resultat einer langen Entwicklung sein müssen. Also noch einfacher müssen die Urwesen sein. Außerdem muß man an ihren Stoffwechsel noch eine Forderung stellen. Er muß von der Art der grünen Pflanzen sein, da ja die Urwesen noch keine organischen Stoffe vorfinden. Sie müssen allein aus den Bestandteilen der sie umgebenden leblosen Natur schöpfen. Doch dürften es auch nicht etwa kleine grüne Algen gewesen sein, weil die Ausbildung des grünen Chlorophyllapparates schon eine verhältnismäßig hohe Organisationsstufe bedeutet. Also farblose Plasmamassen einfachster Ernährungsweise, so haben wir uns die Urwesen zu denken.

Unter den Bakterien übrigens kennt man eine Art, die, was die Ernährungsweise anbetrifft, der obigen Forderung entsprechen würde. Das sind die sogenannten Salpeterbakterien des Ackerbodens, die ganz und gar wie die grüne Pflanze ihre Nahrung aus der anorganischen Natur beziehen, aber dazu nicht des Lichtes und des Chlorophylls bedürfen. Übrigens ist es keineswegs undenkbar, daß der Ursprung des Lebens nicht einheitlich war, sondern von Anbeginn an verschiedenen Orten unabhängig voneinander verschiedene Urwesen aus dem „Schaum geboren“ wurden. Doch ist eine solche Annahme deswegen wenig wahrscheinlich, weil die Grundeigenschaften des Lebens eine so große Einheitlichkeit zeigen.

Die Annahme einer Urzeugung ist also eine unabweisbare Forderung. Geht sie auch jetzt noch auf unserer Erde, etwa in den Tiefen des Meeres vor sich? Früheren Zeiten machte der Gedanke keinerlei Schwierigkeiten. Aristoteles glaubte, daß Frösche und Aale aus dem Schlamm entstehen könnten, und erst vor wenigen Jahrzehnten ist durch Pasteur endgültig die Vorstellung beseitigt worden, daß Bakterien aus faulenden organischen Flüssigkeiten von selbst entstünden. Für die moderne Biologie

gilt der strikte Satz, daß Leben nur von Leben stammt, nie hat man beobachtet, daß aus anorganischen Bestandteilen etwas Lebendes hervorging.

Wohl aber sieht man, wie das Umgekehrte stattfinden kann. Um ein auffallendes Beispiel zu nennen, so sind die Kreidefelsen von Rügen einmal Bestandteile lebender Organismen gewesen, da sie aus den Kalkgehäusen niederster Meertierchen bestehen. Wie, wenn es sich mit den anderen Bestandteilen unserer Erde ebenso verhielte, und diese nur ein Ausscheidungsprodukt des Lebens wäre, um so mehr, da fast sämtliche Elemente gelegentlich in Lebewesen gefunden werden?

Dieser groteske Gedanke ist tatsächlich ausgesprochen worden. Das Leben soll von Anbeginn bestanden haben. Die ganze feuerflüssige Erde war ein Lebewesen. Da aber das Leben dann nur als eine von Anbeginn existierende Bewegungsform der kleinsten Teilchen, die die Welt zusammensetzen, definiert werden kann, so verflüchtigt sich der Begriff des Lebens zu einem ganz fremdartigen, wesenlosen Nebel, mit dem der Naturforscher nichts anzufangen weiß.

Wie das Leben einen Anfang hatte auf unserer Erde, so muß es auch einst ein Ende haben, vorausgesetzt, daß das Schicksal, welches die Physik der Erde weissagt, wirklich eintrifft. Sie soll immer kälter und kälter werden, Wärme an den Weltenraum allmählich abgeben. Das ist auch in der Tat so, denn wir wissen, daß früher die Erde viel wärmer gewesen ist. Eine tropische Vegetation herrschte, wo jetzt nur unsere Laub- und Nadelbäume gedeihen. An den Polen, die jetzt in ewigem Schnee und Eis starren, hat wahrscheinlich das Leben einst begonnen, und wie es dort jetzt erloschen ist, so muß es auch allmählich nach dem Äquator zu erlöschen, in dem Maße als die Wärme abnimmt. Und selbst wenn sich das Leben an niedere Temperaturen anzupassen vermöchte, so vernichtet sofort ein anderes physikalisches Gespenst jeden Hoffnungsschimmer. Dies Gespenst steht hinter dem Begriff der „Entropie“.

Um diesen Begriff zu erklären, müssen wir schon etwas weiter ausholen. Ein Grundsatz, der die ganze Natur beherrscht, ist der Satz von der Erhaltung der Energie. Die Energie des Weltalls kann weder vermehrt noch vermindert werden. Nur ihre Form kann wechseln; Licht, Elektrizität, magnetische, chemische, mechanische

Energie, Wärme können ineinander übergehen. Die Wärme zeichnet sich dadurch vor den anderen Energieformen aus, daß sie aus diesen ganz besonders leicht entstehen kann. Wenn nun weiter irgendeine Energie, auch die Wärme selbst, mechanische Arbeit leistet, entspricht diese nur zum Teil der aufgewandten Energie, ein Teil ist in Wärme umgewandelt und hat sich gewissermaßen zerstreut. Das wäre nicht weiter bedenklich, wenn sich Wärme jederzeit wieder in Arbeit umwandeln ließe. Das ist aber eben nur bedingt möglich, nämlich nur dann, wenn die Wärme von einem wärmeren zu einem kälteren Körper übergehen kann, nicht umgekehrt, gerade so wie das Wasser nur Arbeit leistet, wenn es von einem höheren auf ein tieferes Niveau herabfällt. Eine Quantität heißen Wassers stellt eine gewisse Energiemenge dar, die aber nur dann in Arbeit zutage treten kann, wenn die Umgebung des Wassers kälter ist. Es kommt also, falls Wärme in Arbeit umgesetzt werden soll, immer auf einen Temperaturunterschied an. Die sich zerstreuende Wärme, die also in letzter Linie nur den kalten Weltenraum erwärmt, wächst nun ununterbrochen, die Menge der nicht in Arbeit zurückverwandelbaren Wärme nimmt zu. Man kann sich die Sachlage anschaulich machen, wenn man sich die gesamte Energie des Weltalls in zwei Teile geteilt denkt. Der eine Teil ist die Wärme, die schon zu kälteren Körpern übergegangen ist, er kommt für Arbeitsleistung nicht mehr in Betracht, der andere ist die Wärme, die sich auf den noch heißeren Körpern befindet, sowie die übrigen Energiemengen: Licht, Elektrizität, chemische Energie usw. Mit ihnen läßt sich noch Arbeit leisten, aber dieser Teil muß sich fortwährend verringern, und der erste fortwährend zunehmen, bis schließlich alle Energie als Wärme zu kälteren Körpern übergegangen ist. Dann ist das Weltall gleichmäßig warm, alle Temperaturdifferenzen sind ausgeglichen, keine Arbeit kann mehr geleistet werden. Es herrscht absolute Ruhe. Das Leben, das ja eine Summe verschiedenster Arbeitsleistungen darstellt, muß also aus diesem Grunde im Weltall ebenfalls in diese allgemeine Todesruhe übergehen. Diese Aussicht setzt also dem Leben in jeder Form ein Ziel, freilich ist dies Ziel der absoluten Ruhe unendlich weit entfernt. Näher liegen noch einige weitere bedenkliche Tatsachen, die das organische Leben bedrohen.

Das betrifft zum Beispiel die Kohlensäure. Der gesamte Kohlenstoff, der in den Leibern der Tiere und Pflanzen den

hauptsächlichen festen Bestandteil ausmacht, stammt ja in letzter Linie aus der freien Kohlensäure der Luft oder des Wassers und kann nur von hier aus in den Kreislauf des Organischen hineingelangen. Alle die gewaltigen Quantitäten Kohlensäure, die hauptsächlich an Kalzium und Magnesium gebunden sind und in den gewaltigen Kalk-, Marmor- und Dolomitgebirgen einen großen Bestandteil unserer Erdrinde ausmachen, sind dem organischen Stoffwechsel entzogen, da, soviel bekannt ist, kein Lebewesen es versteht, aus dem Gestein die Kohlensäure zu gewinnen. Die Lebewelt würde nun allerdings auch ohne diesen Vorrat auskommen und kommt auch in der Tat ohne ihn aus, da der geringe Gehalt der Luft an Kohlensäure ausreicht und der organisch gebundene Kohlenstoff durch Atmung, Fäulnis, Exkretion, Gärung usw. wieder zurückgezahlt wird (siehe Seite 36, 37). Aber von einer anderen Seite her wird, wenn auch zunächst unmerklich, so doch ununterbrochen der Kohlensäuregehalt der Luft und des Wassers geschmälert.

Dies geschieht durch einen Prozeß, der sich stetig auf unserer Erdkruste abspielt, nämlich durch die Zersetzung der Gesteine, die von der anderen mächtigen Säure, der Kieselsäure, gebildet werden. Sie ist in den sogenannten Silikaten mit Kalzium, Magnesium, Alkalien vereinigt, und diese setzen den anderen Hauptanteil unserer Erdkruste zusammen, nämlich die kristallinischen Gesteine, als deren hauptsächlichste Vertreter der Granit und der Gneis genannt werden mögen. Sie unterliegen der langsamen Verwitterung durch das Wasser. Regen, Schnee, Quellen, Bäche, Flüsse, die Meereswogen nagen unablässig an diesen Silikatgesteinen, und zwar ist es die Kohlensäure, welche ihr wirksamstes Werkzeug ist. Sie ist eine stärkere Säure als die Kieselsäure und verdrängt sie allmählich. So entstehen aus den Silikaten Karbonate, was aber nichts anderes heißt als: es wird stetig Kohlensäure in der Erdkruste festgelegt, und der Kohlensäuregehalt muß sich vermindern. Gegenüber diesem überall auf der Erde verlaufenden Prozeß kommt die gelegentliche Rückgabe von Kohlensäure aus der Erde wenig in Betracht. Im Inneren der Erde nämlich, bei der hohen Temperatur ist die Kieselsäure der Kohlensäure überlegen und verdrängt sie. Aus Spalten, Rissen, aus den Kratern der Vulkane, in den Kohlensäurequellen vulkanischer Gegenden entweicht die Kohlensäure an die Oberfläche der Erde; doch ist es fraglich, ob der Betrag so groß ist, daß er der stetigen

Verminderung der Kohlensäure in den Zersetzungsprozessen die Wage hält. Sollte schließlich einmal alle Kohlensäure gebunden sein, so muß notwendig das Leben aufhören.

Auch des unveränderlichen Besitzes des Sauerstoffvorrats in unserer Atmosphäre sind wir nicht so unbedingt sicher. Der Sauerstoff ist das verbreitetste aller Elemente; er bildet nahezu $^1/_4$ des Gewichts der Luft, $^8/_9$ des Gewichts des Wassers und etwa die Hälfte des Gewichts der festen Erdkruste. Ein notwendiges Element für die Lebewelt ist er einmal insofern, als die meisten notwendigen Nährstoffe Sauerstoff enthalten, dann aber auch insofern, als er in freier ungebundener Form bei der Atmung aufgenommen wird. Diese Menge des freien Sauerstoffs kann zwar durch den Stoffwechsel der organischen Welt konstant erhalten werden, indem die Pflanze fortwährend Sauerstoff als Überbleibsel der Kohlensäureassimilation (siehe Seite 30) an die Atmosphäre abgibt. Hier kann sich also ein Gleichgewicht herstellen. Je mehr Organismen atmen, also Sauerstoff aufnehmen, desto mehr Kohlensäure wird für die grünen Pflanzen disponibel und desto mehr Sauerstoff kann sie also ausscheiden.

Aber auch hier droht die Gefahr von seiten chemischer Vorgänge der unbelebten Natur. Die großen Massen von Eisenoxyd, die in der Erdkruste stecken, sind aus dem weniger Sauerstoff enthaltenden Eisenoxydul entstanden. Dieses, welches selbst aus dem Zerfall von gewissen Silikaten hervorgegangen ist, reißt den freien Sauerstoff an sich und wird dadurch zum Eisenoxyd. Es muß also auf diese Weise auch Sauerstoff fortwährend aus der Atmosphäre festgelegt werden und es ist auch hier wiederum die Frage, ob der Verlust ganz durch die Sauerstoffausscheidung der grünen Pflanzen gedeckt werden kann. Sollte in der Tat mehr Sauerstoff in Verbindungen festgelegt werden können, als wieder frei wird, so würde allmählich das Leben für die sauerstoffbedürftigen Wesen — und das sind ja bei weitem die meisten — unmöglich werden. Schon Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes der Luft auf die Hälfte bedingt bei Warmblütern eine Störung der Atmung. Schließlich müßte alles ersticken — mit Ausnahme der anaeroben Mikroorganismen, die als Fäulnis- und Gärungserreger an den Resten der stolzen Lebewelt noch eine Weile ihre ekle Totengräberarbeit verrichten könnten, bis es auch für sie nichts mehr zu zersetzen gibt.

Wenn wirklich eines Tages das Leben auf unserer Erde

erloschen sein sollte, so ist damit nicht gesagt, daß es überhaupt im Weltall erloschen ist. Halten wir uns zunächst an unser Sonnensystem, welches einheitlichen Ursprungs ist und von dessen einzelnen Gliedern mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden darf, daß sie dieselbe stoffliche Zusammensetzung wie unsere Erde aufweisen. Die chemischen Elemente, die mittels des Spektroskops auf der Sonne erkannt worden sind, kommen sämtlich auch auf der Erde vor. Ebenso wie also auf unserer Erde durch Zusammenfügung gewisser Stoffe Leben entstand und eine Lebewelt sich entwickeln konnte, ist die Möglichkeit auch für die anderen Planeten zuzugeben. Je nachdem ihre Abkühlung vorgeschritten ist, werden sie entweder einstens bewohnt werden, oder sind es schon, bzw. waren es einmal. Besonders von dem Mars vermutet man, daß Leben auf seiner Oberfläche existiere, da der Zustand dieses Planeten große Ähnlichkeit mit demjenigen unserer Erde hat. Auch er besitzt eine Lufthülle, in welcher Wolken ziehen, und weiße Flecke an den Polen deutet man als Schnee- und Eismassen. Unser Mond beherbergt wahrscheinlich kein Leben mehr, er ist schon zu weit abgekühlt. Der Jupiter und der Saturn hingegen und selbstverständlich auch die Sonne sind noch nicht geeignet zur Entwicklung einer Lebewelt.

Ob nun auf den Himmelskörpern, wo vielleicht Leben existiert, sagen wir also auf dem Mars, das Leben auch in ähnlicher Form wie bei uns auftritt, darüber kann man nicht einmal Vermutungen hegen. Für den Fall, daß auch dort zuerst einfachstes Plasma entstand, daß also der Kohlenstoff in Verbindung mit Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff die Grundlage des Lebens darstellt, ist wohl anzunehmen, daß die Erscheinungen des Lebens ähnlich sind und daß auch dort eine Entwicklung stattgefunden hat. Welchen Weg sie aber genommen, das auszumalen, wäre müßige Phantasterei. Es ist aber auch ebensogut möglich, daß irgendwelche anderen Elemente sich zu einer Verbindung vereinigt hätten, die lebendige Eigenschaften zeigte, die also eine sehr labile Masse darstellte, begabt mit dem Vermögen, Stoffe aus der Umgebung der eigenen Substanz einzufügen und in steter Wechselwirkung mit ihr Leistungen zu vollbringen. Sollte es jemals gelingen, etwas Sicheres über eine Form des Lebens außerhalb unserer Erde zu erfahren, so würde das von einem ganz unberechenbar ungeheuren Einfluß auf unsere gesamte Vorstellung vom Leben sein.

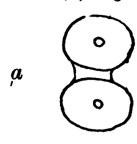
---

# 14. Kapitel.

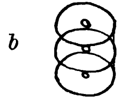
## Entwicklungsgeschichte des Individuums. Präformation oder Epigenesis? Ontogenie und Phylogenie. Zeitpunkt des Selbständigwerdens.

Doch kehren wir aus den nebelfernen Welten wieder zur Erde zurück und zwar zur befruchteten Eizelle. Nachdem die Vermischung stattgefunden hat, beginnt die Entwicklung des Individuums. Der Zellteilungsapparat tritt in Tätigkeit, wobei alle die auf Seite 13 erwähnten Zustände sich folgen. Es entstehen 2, 4, 8, 16, 32 usw. Zellen (siehe Fig. 36), immer mehr schwillt ihre Menge an, aber es wird nicht ein regelloser Haufen gleichartiger Zellen. Hand in Hand mit der Teilung geht ein Anderswerden der Zellen; nach verschiedenen Richtungen hin nehmen sie besondere Eigenschaften und Formen an, einzelne Gruppen heben sich voneinander ab, auch in der äußeren Gestalt des Keimes treten allmählich bestimmtere Formen hervor. So folgt Zustand auf Zustand, Zellteilung und Anderswerden führen schließlich die endgültige Form und Struktur herbei, und je höher das Lebewesen organisiert ist, desto länger dauert dieser Entwicklungsprozeß, desto reicher ist er an einzelnen Phasen.

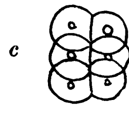
*a*



*b*



*c*



*d*

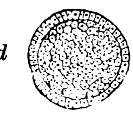


Fig. 36. Drei Entwicklungsstadien des Lanzettfischchens (Amphioxus lanceolatus). *a* das Zwei-; *b* das Vier-; *c* das Achtzellenstadium; *d* ein späteres Hohlkugelstadium (nach Hatschek).

Die Frage ist nun: worin ist dieses Anderswerden der Abkömmlinge der Eizelle begründet?, die doch selbst, wenigstens äußerlich, noch keinerlei Verschiedenheiten erkennen läßt. Ist es überhaupt ein A n d e r s w e r d e n? oder ist es das Auseinanderfalten einer schon vorher in der Eizelle gegebenen Verschiedenartigkeit der Teile? Wir berühren hiermit ein sehr wichtiges Problem, welches schon im 18. Jahrhundert, also lange bevor man etwas von der Eizelle wußte, die Gemüter beschäftigt hat. Auf der einen Seite standen die Vertreter der sogenannten Präformationstheorie und behaupteten, die Entwicklung eines jungen Lebewesens

sei nur das Auswachsen und Auseinanderfalten eines kleinen Miniaturbildchens, welches schon vorher gebildet, „präformiert“ sei; auf der andern Seite meinten die Verfechter der „Epigenesis“, daß aus ganz einfachen Anfängen durch eine lange Reihe gesetzmäßiger Umwandlungen das Lebewesen sich allmählich entwickle, indem es seiner Endform immer ähnlicher werde. Als dann die Zellentheorie Allgemeingut der Gelehrten wurde, war natürlich die Präformationstheorie in der obigen Form nicht mehr zu halten, sie tauchte jedoch in einer anderen Form wieder auf, und damit der Gegensatz zwischen Präformation und Epigenesis. Die Frage lautet jetzt: sind schon in der Eizelle verschiedene Bezirke anzunehmen, aus denen die einzelnen Teile des fertigen Tieres hervorgehen, die also als schon in der Eizelle gesonderte Bildungsfermente gewissermaßen in den aufeinanderfolgenden Teilungen einzelnen Zellen zugeteilt werden, oder ist die Eizelle eine allseits befähigte gleichartige Masse, aus der, nach Maßgabe besonderer bei der Entwicklung sich ergebender Umstände Verschiedenartiges entsteht?

Die Entscheidung dieser Fragen ist auf experimentellem Wege versucht worden und stellt einen wesentlichen Punkt des Arbeitsprogramms eines höchst interessanten modernen Zweiges der Biologie, nämlich der Entwicklungsmechanik dar. Diese Wissenschaft stellt sich die Aufgabe, den Anteil der äußeren Bedingungen bei der Entwicklung der Tiere (und Pflanzen) genauer zu bestimmen. Bei „äußeren Bedingungen“ haben wir nicht nur an die Umgebung des Keimes zu denken, sondern es besteht auch für jede Zelle in ihm ein Milieu; für jede Zelle ist die Masse der sie umgebenden Zellen ein Komplex äußerer Bedingungen. Wie beeinflussen sie einander bei der Entwicklung? Kann man in diese Beziehungen experimentell eingreifen und die Entwicklung gar in andere Bahnen lenken?

Unsere oben aufgeworfene Streitfrage ist also von der Entwicklungsmechanik untersucht worden. Man hat z. B. an einem sich entwickelnden Seeigelei folgenden Versuch angestellt. Nachdem die Eizelle sich wiederholt geteilt hatte, und eine kleine mehrzellige Kugel entstanden war, hat man ihre Zellen durch kräftiges Schütteln des Wassers voneinander getrennt. Für den Fall, daß sich diese isolierten Zellen weiterentwickelten, mußten sie die Streitfrage entscheiden. Nach der Präformations=

theorie hätten dann nur einzelne Teile des Tieres aus ihnen entstehen dürfen, nach der Epigenesistheorie hingegen hätte noch jede Zelle fähig sein müssen, ein junges Tier zu liefern. Das letztere war nun tatsächlich der Fall. Es gelang, aus den gesonderten Zellen wieder ganze, wenn auch in allen Teilen kleinere Seeigellarven zu züchten. Auf diesem Stadium hatten also noch alle Zellen die gleiche allseitige Entwicklungsfähigkeit. Auf späteren Stadien der Entwicklung gelingt nun freilich der Versuch nicht mehr, die Zellen verlieren mehr und mehr ihre selbständige Entwicklungsfähigkeit, indem sie sich dem Ganzen unterordnen. Nur bei den Pflanzen bleibt die allseitige Befähigung länger erhalten, wie wir schon früher sahen (siehe S. 16), so daß wir von ihnen sehr zuversichtlich sagen können: die Eigenschaften des ganzen Organismus stecken noch in jeder Zelle, und unter gegebenen Umständen kann jede Zelle auch wieder den ganzen Organismus hervorbringen. Man kann sich die Sachlage auch unter einem anschaulichen Bilde vorstellen. Die Erbmasse — denn das ist ja schließlich die stoffliche Grundlage für alle Entwicklung — wird auf alle Zellen verteilt, jede Zelle bleibt also insofern der Eizelle gleich, aber sie bekommt bei der Ausgestaltung gewissermaßen eine Kruste spezieller Fähigkeiten und Formen, unter welcher die ursprüngliche Erbmasse verborgen wird und welche sie nur in besonderen Fällen einmal durchbrechen kann.

Doch kommen wir auf diese Weise dem Hauptproblem um kein Haar näher. Was veranlaßt denn nun diese verschiedene „Krustenbildung“? Die Ursache muß ja wieder in der Erbmasse liegen; weshalb umgibt sie sich hier mit dieser, dort mit jener „Kruste“? Wir müssen uns bescheiden und sagen, daß wir von den mechanischen Faktoren bei der Entwicklung so gut wie nichts wissen. So viel ist aber sicher, daß es wesentlich innere, vererbte Momente sind, die die Entwicklung bedingen. Die sind unter allen Umständen das ursprünglich Gegebene, den äußeren kommt nur eine sehr bescheidene Rolle zu.

Das junge Wesen wächst also heran, und indem es das Nahrungsmaterial in bestimmter Weise der eigenen Substanz anähnelt, vergrößert es seine Masse ungeheuer. Eine menschliche Eizelle ist 0.2 mm im Durchmesser und hat einen Inhalt von ungefähr 0.0042 cbmm, wiegt also annähernd 0.0042 mg. (Das Gewicht des Spermatozoons, das sie befruchtete, ist so klein, daß wir es vernachlässigen können.) Und diese geringe Quantität bewirkte bis

in die feinsten Einzelheiten die gesetzmäßige Anlagerung einer von außenher kommenden fremden Masse, die (das durchschnittliche Körpergewicht zu 75 kg gerechnet) ungefähr 18000 Millionen mal so schwer ist. An unserem Körper ist also nur 0.0000000056 % wirklich vererbt. Wie bringt es diese geringe Menge zustande, den verwickelten Bildungsvorgang zu leiten und sich bei dieser kolossalen Verdünnung, wenn man sich so ausdrücken darf, nicht zu verlieren, sondern in der großen Anzahl der Geschlechtszellen wieder ganz beisammen zu sein? Ein höchst unbehaglicher Gedanke, den es uns auf keine Weise gelingen will, anschaulich zu fassen, um so mehr, als dieser Vorgang ungezählte Generationen hindurch sich abgespielt hat. Eine gewisse Ähnlichkeit zeigen ja die chemischen Prozesse, die auf Fermentwirkung beruhen (siehe Seite 38). Auch hier genügt eine sehr kleine Menge eines Fermentes, um eine große, theoretisch sogar eine unbegrenzte Quantität einer Substanz in ganz bestimmter Richtung chemisch zu verändern, ohne selbst dabei in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Aber der Vorgang der Entwicklung ist doch unendlich viel verwickelter als der verhältnismäßig einfache Chemismus einer Gärung.

Jedes Individuum hat eine doppelte Geschichte, nämlich seine Stammesgeschichte, die gegeben ist durch die Reihe der Ahnen, und seine individuelle Geschichte. Erstere bezeichnet man als die „Phylogenie". Sie stellt die Linie dar, welche herabführt zu dem gemeinsamen Anfangspunkt alles Lebens auf der Erde. Letztere nennt man die „Ontogenie". Die Phylogenie ist eine Hypothese, die Ontogenie ein genau zu verfolgender tatsächlicher Vorgang. Da nun der Entwicklungsgang eines Lebewesens ebenso streng erblich bestimmt ist als seine endgültige Form, so müssen in ihm noch die Spuren seiner Vorfahrenreihe nachweisbar sein. Das ist nun tatsächlich der Fall, und es werden auf diese Weise zwei sehr auffallende Erscheinungen in der Ontogenie begreiflich. Zunächst einmal die Ähnlichkeit in den Ontogenien verschiedener Tiere. Je näher die Tiere nach der Abstammungslehre miteinander verwandt sind, desto länger ist die ähnliche Strecke ihres Entwicklungsganges, desto später werden sie auseinandergeführt; und umgekehrt: je weitläufiger ihre Verwandtschaft ist, desto kürzer ist der gemeinsame Weg, den sie in ihrer Entwicklung durchlaufen. Damit hängt auch die zweite merkwürdige Tatsache zusammen, daß nämlich die individuelle Entwicklung keineswegs, wie man es von der sparsamen Natur erwarten sollte, den kürzesten Weg

einschlägt, schnurstracks auf das Endziel lossteuert, sondern es oft nach mancherlei Irr- und Umwegen erreicht. Oft wird ein Organ angelegt, das später wieder verschwindet, wie z. B. Kiemenspalten beim Menschen, oder der Rückenstrang (die sogenannte chorda dorsalis), welcher bei den niedersten Wirbeltieren die Wirbelsäule vertritt, die aber selbst bei den höchsten in den ersten Stadien der Embryonalentwicklung noch angelegt wird, aber dann vollständig durch die knöcherne Wirbelsäule verdrängt wird; oder es wird ein Organ an einer ganz anderen Stelle angelegt, als man eigentlich nach dem fertigen Zustande erwarten sollte, wie das Nervensystem der Wirbeltiere, das, wie bei den niedersten Tieren, in der Haut angelegt und erst später nach innen verlagert wird (siehe Seite 56). Schließlich gibt es bei vielen Organismen im fertigen Zustand Organe, die überhaupt keine Funktion mehr erfüllen, sogenannte rudimentäre Organe, wie der Blinddarm und der Schwanz beim Menschen. Diese Tatsachen, an die sich Hunderte ähnlicher reihen ließen, sind nur verständlich, wenn man berücksichtigt, daß der Entwicklungsgang ebenfalls erblich ist. Unter dem Zwange der Erblichkeit muß jedes Lebewesen einen bestimmten Gang einschlagen. Allerdings wird er nach Möglichkeit vereinfacht, die Individuen suchen sich sozusagen von dieser unangenehmen erblichen Bevormundung zu befreien, so daß der Entwicklungsgang sich immer mehr auf die Ausbildung der eigentümlichen Merkmale beschränkt, und nur bei einzelnen Phasen glückt dies nicht, sie erhalten sich zu hartnäckig.

Die obigen Tatsachen sind bekanntlich von Häckel kurz so formuliert worden: die Entwicklungsgeschichte eines Tieres ist die kurze Rekapitulation seiner Stammesgeschichte.

Von den Pflanzen ist in diesem Satze nicht die Rede. Bei ihnen läßt sich dies Gesetz in der Tat nicht gut bestätigen, wie überhaupt entwicklungsgeschichtliche Momente weniger gut für die verwandtschaftlichen Beziehungen unter den Pflanzen herangezogen werden können. Immerhin gibt es auch hier einige Beispiele. Sie betreffen die Blattformen, die bei manchen Pflanzen im jugendlichen Zustande andere sind, als im fertigen. So entwickelt z. B. der Lebensbaum nach seiner Keimung zunächst Nadeln, ähnlich denen des Wacholders, und erst später treten die angedrückten Schuppenblätter auf. Die Blätter neuholländischer Akazien haben gar keine Ähnlichkeit mit den reichgefiederten Blättern der [echten] Akazien. Sie sind ungefiedert, breit oder linealisch. Die ersten Blätter

jedoch, die die jungen Keimpflanzen treiben, sind schön ausgeprägte Fiederblätter.

Die Entwicklungsgeschichte der Pflanzen und Tiere kann hier nicht im einzelnen verfolgt werden, weil das ein ausgedehntes Thema für sich wäre. Nur einige Bemerkungen seien noch angefügt über bestimmte Besonderheiten in dem Entwicklungsgange verschiedener Organismen.

Das betrifft zunächst den Zeitpunkt, wann das junge Lebewesen den mütterlichen Organismus verläßt. Man konstruiert im gewöhnlichen Leben daraus einen dem Laien wichtig scheinenden Gegensatz, indem man von eierlegenden und lebendig gebärenden Tieren spricht. Der Gegensatz ist aber nicht so wichtig. Aus Eiern entwickeln sich alle Tiere, nur ist der Ort verschieden, wo dies geschieht. Die Seeigel, Fische, Frösche, Insekten legen eben befruchtete Eizellen ab, die ganz ihre Entwicklung außen durchmachen; die Schlangen, Eidechsen, Vögel hingegen lassen schon junge in die Eihüllen eingeschlossene Entwicklungsstadien austreten, in den Eiern mancher Schlangen sind sogar die jungen Tiere schon fertig zum Ausschlüpfen, wenn sie gelegt werden. Bei den Säugetieren schließlich macht das junge Wesen seine Entwicklung ganz im mütterlichen Organismus durch, mit dem es sogar zwecks besserer Ernährung verwächst. Eine Ausnahme machen nur die merkwürdigen Schnabeltiere Australiens, welche wie die Vögel Eier legen, aber die Jungen säugen, und die Beuteltiere, bei denen die Verwachsung des jungen Tieres mit dem mütterlichen Organismus nicht eintritt. Es ist infolgedessen noch ganz unvollkommen, wenn es ihn verläßt, und muß noch lange in dem Beutel genährt werden.

Der Zeitpunkt, wann das junge Lebewesen auf eigene Füße gestellt wird, ist ebenfalls verschieden. Bei vielen Tieren entwickeln sich die Jungen direkt auf Kosten der Nahrung, die im Ei mitgegeben wurde oder die vom mütterlichen Organismus vor oder nach der Geburt gespendet wird. So ist es bei den Eiern der Fische, Vögel, Reptilien und bei den Jungen der Säugetiere. Die Jungen anderer Tiere werden aber schon früher selbständig und müssen die Kosten der letzten Entwicklungsstufen durch eigene Freßtätigkeit bestreiten. Sie verweilen auf gewissen Entwicklungsstufen eine Zeitlang in frei beweglichem Zustande und fressen meist tüchtig. Man bezeichnet sie als Larvenzustände und die Entwicklung solcher Tiere als Metamorphose. Doch wollen wir nicht

vergessen, daß jede Entwicklung eine Metamorphose ist, nur springt sie bei obigen Lebewesen besonders in die Augen. Die jungen Seeigel schwärmen mit Wimperapparaten im Wasser, und erst allmählich bildet sich das Skelett und die endgültige Form des Seeigels heraus. Solche Flimmerlarven sind ferner verbreitet bei Würmern, Muscheln, Schnecken. Die Kaulquappen, die Larven der Frösche und Wassermolche, desgleichen die Maden bzw. Raupen und Puppen der Insekten sind schließlich bekannt genug.

---

## 15. Kapitel.

### Beziehungen der Lebewesen untereinander. Das organische Gleichgewicht in der Natur. Konkurrenzkampf. Der Kampf mit den Bakterien. Gift und Gegengift. Immunität. Schutzimpfung und Serumtherapie. Pilzkrankheiten der Pflanzen. Andere tierische und pflanzliche Parasiten. Symbiose. Kolonien, Horden, Herden. Staatenbildung bei Insekten. Epiphyten und Epöken.

Aus der oben (Seite 34 ff.) gegebenen Schilderung des Kreislaufs der Stoffe in der organischen Natur geht ohne weiteres hervor, daß die gesamte Lebewelt durch eine Menge von Beziehungen zu einem einheitlichen Ganzen verbunden ist. Ganz unabhängig kann schlechterdings keine Art von Organismen auf die Dauer existieren; das gilt auch für die grünen Pflanzen, trotz ihrer selbständigen Ernährungsweise. Sie könnten wohl eine Weile sich erhalten, da aber das aus Kohlensäure und den Salzen des Bodens aufgebaute Plasma nicht wieder in die anorganischen Ausgangsbestandteile zurückgeführt wird, müßte sich die Luft und der Boden bald erschöpfen und die Pflanzenwelt infolgedessen zugrunde gehen.*) Pflanzen und Pflanzen, Tiere und Tiere und Tiere

---

*) Übrigens führt dieser Gedanke auf die interessante Frage, wie denn ganz im Anfang, als nur einfachste Urwesen entstanden, sich das Gleichgewicht der Stoffe erhalten habe, und weshalb sich die Erdoberfläche nicht binnen kurzem mit einem Schleim einfachster salpeterbakterienähnlicher Urtiere bedeckte. Frei von jeder Konkurrenz hätten sie mittels der ungeheuren Vermehrungsfähigkeit der Bakterien tatsächlich sehr wohl alle verfügbaren, in Plasma umsetzbaren anorganischen Verbindungen festlegen können.

und Pflanzen bilden ein großes System, welches sich fortdauernd balanziert. Kein Lebewesen kann nur einen Schritt das ihm darin zugefallene Revier überschreiten, ohne daß sich sofort Störungen bemerklich machen, und zwar oft in den entlegensten Punkten. Lebensweise, Individuenzahl, geographische Verbreitung, ja die Organisation der Lebewesen ist zum guten Teil abhängig von diesen Wechselbeziehungen.

Bekannt ist das beinah scherzhaft berührende Beispiel, das Darwin gibt. Klee und Katzen stehen in engsten Beziehungen, behauptet er. Der Klee setzt nur Samen an, wenn seine Blüten von Erdhummeln besucht werden, und natürlich um so reichlicher, je häufiger der Besuch ist. Die Erdhummeln werden aber von den Mäusen gern gefressen und je zahlreicher diese wiederum sind, desto mehr Hummeln fallen ihnen zum Opfer. Schließlich hängt die Zahl der Mäuse ab von der Häufigkeit der Katzen in den benachbarten Ortschaften. Die Ausbreitung des Klees wird also tatsächlich durch die Katzen in bestimmten Grenzen gehalten. Hunderte ähnlicher Abhängigkeitsbeziehungen ließen sich zusammenbringen.

Sie stellen das dar, was Darwin als Kampf ums Dasein in allgemeinstem Sinne bezeichnet. Nur zum Teil ist es ein wirklicher Kampf. Besser würde man es als „Konkurrenz in jeder Form" bezeichnen, wodurch die Beziehungen der Lebewesen untereinander beherrscht werden. Der Selbsterhaltungstrieb, der Egoismus, ist die Triebfeder. Die züchtende Wirkung liegt darin, daß immer nur dem Konkurrenzkampf die Tüchtigsten gewachsen sind; sie bleiben übrig und vererben ihre tüchtigen Eigenschaften.

Auf ein Motiv, den eigenen Vorteil, gehen also in letzter Linie alle Beziehungen zurück. Zum Teil muß er mit Gewalt erkämpft werden, wenn die Interessen hart aneinanderstoßen, zum Teil läßt er sich durch friedlichen Ausgleich oder durch gegenseitige Unterstützung und gemeinsame Arbeit erreichen. In einigen Bildern wollen wir diese beiden Arten von Beziehungen etwas illustrieren.

Was zunächst den Kampf anbetrifft, so würde eine ausführliche Behandlung seiner Rolle in der Natur die Dimensionen unserer Übersicht weit überschreiten. Wir wollen mithin im folgenden nur einige weniger bekannte Kampfszenen schildern, bei denen der Krieg nicht mit Zähnen und Klauen, sondern mit Gift geführt wird. Die eine Partei sind die Bakterien (sowie andere Mikro-

organismen), die andere der Mensch (und viele Tiere), und der Kampf stellt sich dar unter der Form der Infektionskrankheiten.

Das Wesen der Krankheiten war der Menschheit lange Zeit hindurch ein vollkommenes Rätsel, und schließlich gilt das heute noch für einen Teil von ihnen. Das Altertum und das Mittelalter, ja die Neuzeit sprachen von giftigen Dünsten, die den Sümpfen entstiegen, von dem Einfluß der Gestirne, von der Mischung der Säfte im Körper und anderen abenteuerlichen Dingen und bekämpften die Krankheiten mit entsprechend abenteuerlichen Mitteln, die man gelegentlich noch jetzt auf dem Lande und bei Kurpfuschern antrifft. Eine wichtige Eigentümlichkeit gewisser Krankheiten hatte man jedoch schon seit langem richtig erkannt. Das ist die Übertragbarkeit. Die gewaltigen Epidemien, die die Menschheit zu allen Zeiten heimsuchten und früher häufiger waren wie jetzt, gaben ja Gelegenheit genug, die Erscheinungen der Ansteckung zu beobachten. Man dachte sich, es sei ein Ansteckungsstoff, der von Mensch zu Mensch übertragen würde, ein „contagium". Ja man stellte sich sogar zeitweilig mit der anschaulichen Denkweise des naiven Menschen die Krankheiten als etwas Persönliches dar, als Wesen, die den Menschen überfallen und mit denen er kämpft.

Schließlich stellte es sich heraus, daß es sich in der Tat um Wesen handelt, freilich um ganz andere, als sie sich frühere Zeiten vorstellten. Zuerst kam man ihnen bei der Milzbrandkrankheit auf die Spur. Man hatte schon lange in dem Blute von milzbrandkranken Tieren kleine Stäbchen mit dem Mikroskop entdeckt, die man zunächst für Kristalle hielt, von denen man aber bald argwöhnte, daß sie mit dem Milzbrand in ursächlicher Beziehung stünden. Den strengen Beweis für diese Vermutung lieferte dann Koch. Ihm gelang es mittels der Plattenmethode, die wir oben beschrieben haben (Seite 25), die winzigen Stäbchen aus dem Blut zu isolieren und getrennt zu züchten. Wenn er dann von einer solchen Reinzucht eine kleine Menge einem Tier, z. B. einer Maus, einimpfte, sah er, daß sie binnen weniger Tage mit allen Anzeichen der Milzbrandkrankheit zugrunde ging. Damit war exakt nachgewiesen, daß in der Tat die kleinen Stäbchenbakterien die Ursache der Krankheit sind.

Der Gang dieser Untersuchung war vorbildlich für alle folgenden. Aus der Entleerung der Cholerakranken wurde ein kleiner Vibrio gezüchtet, aus dem Auswurf der Schwindsüchtigen

der furchtbarste Feind der Menschheit, der Tuberkelbazillus, im Eiter wies man die Eiterkokken nach; bei Typhus, Diphtherie, Wundstarrkrampf die entsprechenden nach diesen Krankheiten benannten Bakterien. Viele nur Tiere befallende Bakterien kamen hinzu. Stets stellte es sich heraus, daß eine bestimmte Bakterienart nur eine bestimmte Krankheit und keine andere hervorruft, so daß man andrerseits auch die Möglichkeit hatte, dann, wenn man bei einer zweifelhaften Krankheit eine bestimmte Bakterienart auffand, mit großer Sicherheit die Art der Krankheit zu erkennen (diagnostizieren). Zahllose Untersuchungen schlossen sich daran, die zur Aufgabe hatten, die Krankheitskeime, die krankmachenden (pathogenen) Bakterien, in der Umgebung des Menschen, in den Wohnungen, an der Kleidung, den Nahrungsmittel usw. aufzusuchen, ihre Lebensweise genauer kennen zu lernen. Gestützt auf solche Untersuchungen eröffnete dann der Mensch den Kampf gegen die Bakterien. Unsere moderne Hygiene stellt zum großen Teil die Anleitung dar, wie dieser Kampf am wirksamsten zu führen ist. Das ist der vorbeugende, bewußte Kampf, der heute allerorten gegen das Heer der unheimlichen Feinde geführt wird. Ein unbewußter, verborgener aber entbrennt, wenn wirklich eine Bakterienart sich Eingang in den Körper verschafft hat, wenn eine Krankheit ausbricht.

Mit welchen Mitteln wird er geführt; zunächst auf seiten der Bakterien? Wenn man z. B. Wundstarrkrampfbakterien in einer Nährlösung züchtet, und dann die Flüssigkeit durch außerordentlich feine Filter filtriert, so daß man sie von den Bakterien trennt, so stellt sich heraus, daß sie ein furchtbares Gift enthält, das die Bakterien abgesondert haben. Mit Hilfe von chemischen Methoden kann man es aus der filtrierten Bouillon isolieren. Es ist das stärkste Gift, das man kennt. Ein Gramm würde ausreichen, um über 4000 Menschen zu töten. (Von Strychnin würde man zu diesem Zwecke etwa ein Pfund gebrauchen). Dasselbe Gift scheidet nun der Wundstarrkrampfbazillus auch im menschlichen Körper ab, und dies Gift ist es, dem er im Wundstarrkrampf erliegt.

In ähnlicher Weise hat man auch das Gift der Diphtherie-, Tuberkel- und anderer Bazillen gewonnen, so daß man für eine ganze Reihe von Krankheiten sagen kann: es sind Vergiftungen, hervorgerufen durch Bakterien.

Der Körper ist nicht wehrlos gegenüber diesen Angriffen.

Er kämpft mit gleichen Waffen. Er produziert Gegengifte, die entweder die Bakterien direkt schädigen, oder aber die von ihnen ausgeschiedenen Gifte (Toxine) unschädlich machen. Gelingt es ihm, die Eindringlinge zu bewältigen, so behält er noch lange Zeit diese schützenden Stoffe in seinem Blute, so daß er ein zweitesmal zunächst nicht der Gefahr der betreffenden Krankheiten ausgesetzt ist. Diese jedem aus Erfahrung bekannte Unempfindlichkeit gegen manche einmal überstandene Krankheiten bezeichnet man wissenschaftlich als Immunität. Man sagt z. B.: jemand, der Diphtherie schon einmal gehabt hat, ist immun gegen Diphtherie. Die auf der Wirkung von Gegengiften beruhende Immunität ist offenbar das Ergebnis einer Naturzüchtung und geht also in letzter Linie auf die eminente Anpassungsfähigkeit der lebendigen Substanz zurück. Damit steht auch im Einklang, daß manche Krankheiten offenbar im Abnehmen begriffen sind, und andrerseits solche Krankheiten, die neu auftauchen, gewöhnlich zuerst sehr verheerend wirken.

Übrigens stehen dem Menschen noch andere Hilfsmittel zu Gebote. Wir wollen nur an die eigenartige Tatsache erinnern, die wir schon früher erwähnten, und der zweifellos eine Bedeutung in dem Kampf zwischen Bakterien und Menschen zukommt, das ist die Fähigkeit der Leukozyten, die Bakterienherde aufzusuchen und die Bakterien nach Art von Amöben in das Innere ihres Körpers aufzunehmen und fortzuschaffen. Sie arbeiten geradezu wie eine leicht bewegliche, schnell an bestimmten Orten zusammenziehbare Verteidigungsarmee.

Die Medizin ist nun bemüht, die obigen Tatsachen zum Schutze der Menschen nutzbar zu machen, und zwar durch zweierlei, einmal durch die Schutzimpfung, und dann durch die sogenannte Serumtherapie. Beides sind so wichtige Hilfsmittel des Menschen im Kampf mit den Mikroorganismen geworden, daß wir mit einigen Worten auch auf diese Phase des Krieges eingehen müssen, zumal man im allgemeinen große Unkenntnis in betreff des Wesens dieser Methoden antrifft.

Alle Schutzimpfungen laufen darauf hinaus, daß man einem Tier oder einem Menschen eine schwächere Form der Krankheit einimpft. Wie man diese schwächere Form bekommt, ist verschieden. Bei dem Milzbrand z. B. schädigt man Reinkulturen des Milzbrandbazillus durch starkes Erwärmen oder bestimmte chemische Stoffe, so daß die ursprünglich höchst kräftigen Bakterien

schwächlich werden. Impft man sie jetzt z. B. einer Kuh ein, so gelingt es ihr leicht, den Schwächling zu überwinden, sie macht nur eine leichte Form der Krankheit durch, bildet aber dabei so viel Schutzstoff in ihrem Körper aus, daß sie bei einer ernsthaften Attacke schon gerüstet dasteht. Sie ist immunisiert. Von den Pocken, deren Erreger man bis zum heutigen Tage noch nicht kennt, existieren zwei Formen, die weniger gefährlichen Kuhpocken und die echten Menschenpocken, die Blattern. Impft man einem Kinde etwas von dem Saft von Kuhpockenbläschen ein, in dem der unbekannte Keim stecken muß, so erkrankt es leicht, wie jeder weiß, erwirbt aber auf diese Weise eine Immunität gegen die echten Blattern.

Wenn man nun nicht den Menschen selber seine Schutzstoffe ausbilden läßt, ihn also nicht selber seine Immunität erwerben läßt, sondern ihm diese Schutzstoffe fertig ins Blut einführt, so übt man die Serumtherapie aus. Die Schutzstoffe selber bezieht man von einem Tiere, das man ganz ähnlich, wie es oben für die Impfung beschrieben wurde, künstlich erkranken läßt.

Das Behringsche Diphtherieheilserum z. B. wird auf folgende Weise gewonnen. Reinzuchten von Diphtheriebakterien werden in Bouillon gezüchtet und scheiden ihr Gift ab. Von der giftigen Bouillon, die dann von den Bakterien getrennt wird, spritzt man einem Pferde etwas in die Halsader. Das Pferd bekommt einen Anfall von Diphtherie, übersteht ihn aber bald. Jetzt gibt man ihm schon eine stärkere Gabe Gift, wieder fiebert es und erholt sich. So fährt man fort bis zu großen Gaben. Während der ganzen Operation hat sich im Blute des Pferdes eine immer steigende Menge Gegengift (Antitoxin) gegen das Diphtheriegift gebildet. Schließlich zapft man dem Pferde, das sich selber giftfest gemacht hat, das Blut ab und gewinnt damit auch seinen Schutzstoff. Man verwendet nun nicht das ganze Blut, sondern nur die klare Flüssigkeit, das Serum, in dem erfahrungsgemäß das Gegengift gelöst ist. Dies Serum ist das Diphtherieheilserum. Gibt man einem eben von den Diphtheriebakterien überfallenen Kinde davon eine Einspritzung, so vermehrt man auf einen Schlag die natürlichen Hilfsmittel seines Blutes um einen bedeutenden Betrag und erleichtert ihm den Kampf gegen die Bakterien; und zwar ist dies Mittel so wirksam, daß der Prozentsatz der Todesfälle an Diphtherie erheblich abgenommen hat.

Nach diesem Grundsatz sind die medizinischen Forscher überall eifrigst bemüht, auch für andere Krankheiten solche „Heilsera" zu gewinnen, und nicht ohne Erfolg.

Im Pflanzenreiche sind es weniger Bakterien, als in erster Linie Pilze, die den als Krankheit erscheinenden Kampf führen. Verfärbung, Kräuselung, Verkrüppelung, Mißbildungen, Auftreibungen, Flecke an Blättern und Stengeln bezeichnen die Stellen, wo Pilze im Pflanzengewebe wuchern und die Pflanze mit ihnen im Kampf liegt. Schier unübersehbar ist die Zahl der Pilzkrankheiten, die an Pflanzen beobachtet werden. Im allgemeinen ist der Verlauf der Krankheit ein ganz gleichförmiger. Bei der Kartoffelkrankheit werden z. B. die Sporen des Pilzes (Peronospora infestans) auf die Kartoffelblätter übertragen. Aus der Spore (Fig. 37, *s*) keimt ein kleiner Pilzschlauch hervor, der sich in die Oberhaut der Pflanze einbohrt, oft aber auch die natürlichen Öffnungen, die schon früher erwähnten Spaltöffnungen, benutzt. Einmal im Innern des Pflanzengewebes, wächst der Schlauch zu einem weitverbreiteten Fadengeflecht heran, welches die Pflanze durchwuchert und sich von ihren Säften nährt, und zwar mittels kleiner Saugorgane, sogenannter Haustorien, die in die Zellen eindringen. Schließlich kommt dann der Pilz an irgendeiner Stelle wieder an die Oberfläche, um hier seine Fortpflanzungskörper zu entwickeln.

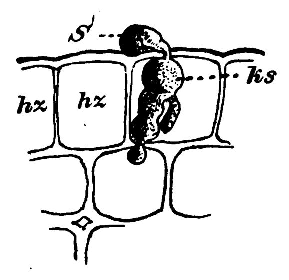


Fig. 37. Der Pilz der Kartoffelkrankheit (Peronospora infestans) bringt in das Blattgewebe der Kartoffel ein. Aus der Spore *s*, die auf der Blattoberfläche liegt, ist ein Keimschlauch *ks* hervorgewachsen, der sich in eine der Hautzellen (*hz*) eingebohrt hat und von da im Begriff ist, weiterzuwuchern. 400fach vergr. (n. De Bary).

Alle Lebewesen, welche wie die Bakterien und Pilze sich auf Kosten der Gewebesäfte anderer lebender Tiere ernähren, bezeichnet man als Parasiten. Hierher gehören noch eine Unzahl von anderen Tieren und Pflanzen, wie das Heer der parasitischen Würmer, Krebse. Nicht immer dringen sie ganz in das Gewebe des Wirtes ein, sondern bleiben oft auf der inneren oder äußeren Körperoberfläche. Gewöhnlich ist mit dem Parasitismus eine weitgehende Rückbildung und Vereinfachung der Organisation verbunden, die nach dem Prinzip des Nichtgebrauches eintritt. So haben z. B. manche Krebstiere ganz ihr charakteristisches Aus-

sehen eingebüßt und sind zu plumpen, lappigen Schläuchen geworden; der Teufelszwirn (Cuscata-Arten), welcher mit seinen gelblichen, dünnen Fäden Klee, Brennesseln und andere Pflanzen umschlingt, umklammert und sie aussaugt, hat keine eigene Wurzel und keine Blätter mehr; ja bei den tropischen Rafflesiazeen, die ebenfalls hochentwickelte Blütenpflanzen sind wie die Cuscuta, kann man von dem eigentlichen Pflanzenkörper gar nichts mehr erkennen; er wuchert als ein gestaltloses, pilzgeflechtähnliches Gewebe ganz im Innern der befallenen Pflanze. Nur die riesige, bis 1 m im Durchmesser große Blüte durchbricht die Rinde und prangt in schamloser Üppigkeit.

Den oben skizzierten Beispielen von feindlichen Beziehungen der Organismen untereinander, stehen nun andere Erscheinungen gegenüber, in denen ein friedliches Zusammenwirken von Lebewesen zum Ausdruck kommt. Ob in allen Fällen ein gegenseitiger Vorteil damit verbunden ist, läßt sich nicht immer entscheiden, jedenfalls wird keine der beiden Parteien auffallend geschädigt. Man bezeichnet ein solches Zusammenleben als Symbiose.

Zunächst können zwischen Angehörigen derselben Organismenart engere Beziehungen existieren, indem sie sich zu mehr oder weniger festen Verbänden vereinigen. Die festeste Verbindung gehen wohl die schon oft erwähnten Schleimpilze ein, wenn sie sich zu dem großen Schleimkomplex vereinigen (siehe Seite 6). Die Individuen, kleine amöbenähnliche Klümpchen, fließen vollständig zu einem neuen großen, einheitlich sich bewegenden und reagierenden Organismus zusammen, dem sogen. Plasmodium.

Die Kolonien der niederen Algen und Protozoen, die wir bei Gelegenheit der Gewebeentstehung (siehe Seite 16) schon erwähnten, gehören ebenfalls hierher. Auch die Stöcke der Korallenpolypen und besonders die merkwürdigen Siphonophoren sind Beispiele von engem Zusammenschluß von Tieren derselben Art. Die Siphonophoren zeigen dabei einen weitgehenden Grad von Arbeitsteilung, die auch die äußere Gestalt der Teilindividuen beeinflußt.

Von den glashellen, zierlich geformten, zu einer graziösen Girlande aufgereihten Einzelindividuen besorgt ein Teil, die Freßpolypen, das Fressen und ernährt die ganze Kolonie, ein anderer Teil, die meist schöngefärbten Geschlechtspolypen, die Fortpflanzung; glockenartig gestaltete andere vermitteln die Ortsbewegung usw.

Frei beweglich bleiben die Einzeltiere in den mehr oder weniger festen Verbänden, wie sie uns in den Schwärmen, Horden, Herden, Gesellschaften usw. entgegentreten.

In Schwärmen durchziehen die leuchtenden Noktiluken, die Quallen, gewisse Schnecken, die Janthinen, dann vor allem viele Fische, wie die Heringe, die Sprotten, Sardellen, Sardinen, Thunfische usw., das Meer. Im süßen Wasser tanzen große Schwärme von Wasserflöhen durcheinander ähnlich den Mückenschwärmen in der Luft. Raupen des Kohlweißlings und des Prozessionsspinners wandern in dichten Heersäulen von einem Weideplatze zum andern. Heuschreckenschwärme, die Horden der Lemminge, Wanderratten, tun das gleiche. Stare, Wildenten, Wildgänse, Kraniche machen ihre Flüge gemeinsam und zwar zum Teil in ganz bestimmter Zugordnung. Alke, Lummen, Tölpel, Möwen, Pinguine besiedeln in ungeheuren Schwärmen die felsigen Meeresgestade. Die Siedelsperlinge Südafrikas (Philetaerus socius) legen ihre Nester nebeneinander unter einem Dache an, das sie gemeinsam errichten. Die Biber scharen sich zusammen zu Kolonien und dämmen durch einen gemeinsam aufgeführten Damm das Wasser der Flüsse ab, um es immer auf einer bestimmten Höhe zu halten. Murmeltiere und die amerikanischen Präriehunde scharen sich stets zu Kolonien zusammen. Rudel von Wölfen und wilden Hunden, Schwärme von Krähen, gehen gemeinsam auf die Jagd.

Organisiert werden solchen Horden dann, wenn sie ein Oberhaupt besitzen. So entstehen die Herden, wie wir sie besonders bei den Pflanzenfressern finden. Schafe, Rinder, Antilopen, Hirsche, Elefanten usw. weiden in größeren und kleineren Herden zusammen, die gewöhnlich unter dem Befehl eines alten Männchens stehen. Die Affen (abgesehen von dem isoliert lebenden Orang und Gorilla) leben in Völkern zusammen, deren Mitglieder sich durch ein stark ausgeprägtes Gefühl der Zusammengehörigkeit auszeichnen. Gemeinsam wenden sie Gefahren ab, die von wilden Tieren drohen, mit vereinten Kräften überwinden sie Schwierigkeiten, die dem einzelnen unüberwindlich sind.

Einen sehr hohen Grad von Vollkommenheit erreichen die Gesellschaften der Bienen, Ameisen, Wespen, Termiten usw., die wegen ihrer straffen und detaillierten Organisation, wegen der fein entwickelten Arbeitsteilung mit den Staatenbildungen des höchsten Lebewesens, des Menschen, verglichen werden. Man

spricht geradezu von Insektenstaaten. Immerhin muß man zugestehen, daß die Ähnlichkeit nur äußerlich ist, nur darin besteht, daß es sich in beiden Fällen um straff organisierte Gemeinwesen handelt. Die Ziele sind doch recht verschieden. Die Naturzüchtung hat durch Ausbildung spezieller Instinkte, die auf die verschiedenen Formen einer und derselben Insektenspezies (Arbeiter, Krieger, Wärter, Königinnen usw.) verteilt wurden, ein Zusammenarbeiten der ganzen Genossenschaft erzielt, dessen Resultate erstaunlich sind, das doch aber im Grunde auf weiter nichts hinausläuft, als auf den wichtigsten Naturzweck, Erzeugung und Pflege von Nachkommenschaft. Die Insektenstaaten sind mehr einer Familie, einem weitschichtigen Hauswesen zu vergleichen, welches es mit Hilfe eines kolossalen Apparates von Arbeitern, Wärtern, Dienern, Kriegern auf eine rationelle Kinderzucht abgesehen hat. Viel eher könnte man die Affenherden als Vorläufer von Menschenstaaten betrachten, trotzdem ihre Organisation weit weniger kompliziert ist. Aber hier ist es wirklich das dem einzelnen erwachsende relative Höchstmaß des Vorteils, das ihn zum Zusammenschluß mit seinen Gefährten treibt.

Wie gesagt, erstaunlich genug ist es, was die Insektengenossenschaften zuwege bringen, wie wir überhaupt zweifellos die Ameisen, Bienen usw. für Tiere von sehr hoher Intelligenz halten müssen. Auf einem ganz anderen Wege hat die Natur in diesem Endglied eines Seitenastes an dem großen Stammbaum der Tiere Leistungen hervorgebracht, die große Ähnlichkeit mit denjenigen zeigen, die das Endglied eines anderen Astes, der Mensch, hervorbringt. Die Ameisen, aus deren Leben hier nur andeutungsweise einiges herausgegriffen werde, führen Kriege, machen Raub- und Sklavenzüge, treiben Viehzucht und Ackerbau, führen sinnreiche Bauten auf usw.

Besonders interessant ist ihr Verhältnis zu manchen Pflanzen, das sich oft zu richtiger Symbiose gestaltet. Viele Ameisen bewohnen bestimmte Pflanzen, die sie durch Zuckerausscheidung an sich fesseln. Dafür machen sich die Ameisen durch Vertilgung des Ungeziefers nützlich. Manche Pflanzen gewähren den Ameisen auch bequeme Wohnstätten. Das berühmteste Beispiel bieten die im wärmeren Amerika verbreiteten Cecropien (Cecropia peltata), Bäume aus der Verwandtschaft der Brennesseln. Der hohle Stamm ist ähnlich einem Rohr in einzelne Abschnitte gegliedert, die durch Querwände voneinander getrennt, aber durch kleine

Öffnungen im Zusammenhang stehen. In diesen Höhlungen hausen sehr kriegerische und bissige Ameisenarten (Azteca und Crematogaster) und nähren sich teils von dem Mark der jungen Stammteile, teils von eigenartigen, gestielten, eiweißreichen Körperchen, die am Grunde der jungen Blätter in einem Polster von Haaren sich befinden. Eine andere Art Ameisen (Pseudomyrma) bewohnt gewisse Akazien, z. B. Acacia cornigera, und zwar ihre sehr großen hohlen Dornen. Sie wird von der Pflanze mittels kleiner Körnchen beköstigt, die an den Enden der zierlichen Fiederblätter ausgeschieden werden.

Für die gespendete Nahrung und Wohnung erweisen sich alle diese Ameisen insofern erkenntlich, als sie ihren Wirtsbaum beschützen gegen die Raubzüge einer andern Art von Ameisen, der Blattschneide- oder Saubaameisen (Arten von Atta), welche die Angewohnheit haben, aus den Blättern der Bäume runde Stücke herauszuschneiden und in ihre Nester zu schleppen.

Auch diese Art von Ameisen ist höchst interessant insofern, als sie regelrechte Pflanzenzucht treiben. Sie zerkleinern nämlich die Blattstücke und speichern diesen Pflanzenbrei in ihren Wohnstätten auf. Bald entwickelt sich auf ihm ein Pilz, dessen Fadengeflecht (Mycelium) dort, wo es aus dem „Mistbeet" hervortritt, kleine Anschwellungen bildet, die von den Ameisen verzehrt werden. Die Saubaameisen züchten also regelrecht den Pilz, von dem sie sich nähren. Andere Arten züchten sich bestimmte Pflanzen. So sät die mexikanische Reisameise (Pogomyrmex barbatus) um ihre Erdnester herum eine bestimmte Grasart aus (Aristida oligantha) und reinigt dies Feld sorgfältig von Unkraut. Die Körner dienen ihr zur Nahrung.

Wir haben mit diesem Beispiel schon die Beziehungen verschiedener Organismenarten untereinander berührt. Man spricht eigentlich erst in diesem Fall von Symbiose, d. h. also, wenn es sich um eine enge Beziehung zwischen zwei verschiedenen Lebewesen handelt. Eine weitere Bedingung für die Anwendbarkeit dieses Begriffes liegt ferner in dem beiderseitigen Vorteil, den eine solche Gemeinschaft gewähren muß. Wenn zwei Lebewesen sich zusammentun, von denen eins die Absicht hat, das andere nach kürzerer oder längerer Zeit zu verzehren, so ist wohl kaum von einer Symbiose die Rede. Man müßte dann z. B. auch sagen, daß der Mensch mit den Rindern, Kälbern und dem Geflügel in Symbiose lebt, die er verzehrt. Man könnte aber

wohl von Symbiose sprechen, wenn der Mensch etwa den Schafen nur die Wolle und den Kühen nur die Milch nähme und sie nicht außerdem schlachtete. Denn in dem Falle hätten beide Parteien einen Vorteil von der Symbiose. Aber vom Hunde kann man mit Fug und Recht sagen, daß er in Symbiose mit dem Menschen lebt, während man dies von den Blattläusen, die von den Ameisen gemolken werden, nicht behaupten kann, wenigstens solange sie nicht besonders von ihnen gefüttert und geschützt werden, was meist nicht der Fall ist. Vielfach wird zwischen wechselseitiger und gegensätzlicher Symbiose unterschieden, doch ist eine gegensätzliche (antagonistische) Symbiose eine widersinnige Begriffsverbindung. Wo einmal der überall in der Natur herrschende Antagonismus verschiedener Lebewesen besondere Formen annimmt, könnte man besser von Antibiose sprechen, wie z. B. bei den Fällen von Parasitismus.

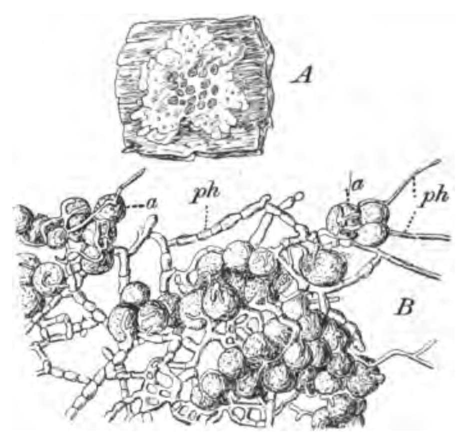


Fig. 38. Die gelbe Wandflechte (Xanthoria parietina). A. In natürl. Größe auf einem Stück Borke sitzend. Die dunkleren Punkte sind kleine schüsselförmige Organe, in denen sich die Sporen entwickeln (n. Schenk). B. Sehr junger Entwicklungszustand. Die Pilzhyphen (*ph*) umklammern und umspinnen die grünen einzelligen Algen (*a*). 500fach vergr. (n. Bonnier).

Echte Symbiose nach der obigen Definition ist nicht sehr leicht festzustellen, weil es oft nicht gelingt, den beiderseitigen Vorteil nachzuweisen.

Dies ist z. B. auch bei dem bekanntesten Falle von Symbiose nicht widerspruchslos möglich, nämlich bei der engen Lebensgemeinschaft zwischen einer Alge und einem Pilze, wie sie uns in den Flechten entgegentritt. Das vielgestaltige, bunte Heer der Flechten, welches die Steine, Bäume und auch den Erdboden in Form von büschligen, strähnigen, krustenartigen Körpern überzieht, ist, so scharf begrenzt diese Organismengruppe auch ist, gar keine einheitliche. Jede Flechtenart stellt vielmehr eine innige Vereinigung einer Alge mit einem Pilze dar. Meist bildet der Pilz die

Hauptmasse des Flechtengewebes, in das die Algen eingebettet liegen. In der Figur 38 A ist die gewöhnliche gelbe Wandflechte (Xanthoria parietina) abgebildet, die an Bäumen und Bretterplanken überall zu finden ist. In B ist ein junger Entwicklungszustand stärker vergrößert. Der Pilz beginnt die grünen Algen *a* einzuspinnen. Die materielle Grundlage, auf dem sich diese feste Gemeinschaft aufbaut, ist folgende. Der Pilz, der organische Nahrung braucht (siehe Seite 32), bezieht diese von der von ihm umsponnenen Alge. Diese kann ja, wie alle grünen Pflanzen, ihre Nahrung aus unorganischen Stoffen aufbauen. Pilz mit seinem Sozius Alge kann also an Orten leben, wo sonst Pilze überhaupt nicht fortkommen, wie z. B. an nackten Felsgesteinen. Wie steht es aber mit der Gegenleistung des Pilzes? Nicht glänzend, denn die Alge vermag schließlich überall fortzukommen. Höchstens gewährt der Pilz der Alge etwas Wasser, das er in seinem quellungsfähigen Gewebe längere Zeit festzuhalten vermag.

Ähnlich suspekt steht es mit einer anderen Symbiose, die aber ebenfalls ein oft zitiertes Beispiel ist. Die Leguminosen, zu denen die Akazien, Mimosen, Erbsen, Wicken, Bohnen, Lupinen usw. gehören, besitzen an ihren Wurzeln sehr verschieden gestaltete Knötchen und Knöllchen. In ihnen haust eine bestimmte Art von Bakterien (Bacillus radicicola) in ungeheuren Massen, von denen man jetzt weiß, daß sie imstande sind, den freien Stickstoff der Luft zu binden (siehe Seite 35). Die Bakterien brauchen natürlich auch andere Nährstoffe, vor allem Kohlehydrate (Zucker usw.), und die werden ihnen von der Pflanze geliefert. Als Entgelt geben sie ihre Stickstoffverbindungen ab, doch geschieht diese Abgabe eigentlich sehr zwangsweise, indem nämlich gegen den Herbst zu die Bakterien einfach von der Pflanze aufgesogen und damit zum größten Teil vernichtet werden. Die Bedeutung dieser Symbiose für die Leguminosen ist eine sehr große, denn sie werden ganz unabhängig von dem kostbaren Stickstoffgehalt des Bodens und können in ganz armem Sandboden gedeihen. Man kannte die eigenartige Ausnahmestellung der Leguminosen in der Landwirtschaft schon längst, man wußte, daß in der entwickelten Lupine z. B. mehr Stickstoff enthalten ist, als der Pflanze im Samen mitgegeben war und im Sandboden zur Verfügung stand, und bezeichnete infolgedessen die Leguminosen als stickstoffsammelnde Pflanzen. Man weiß aber jetzt, wer es eigentlich ist, der den Stickstoff sammelt.

Um noch einmal zu den symbiontischen Algen zurückzukehren, so sind außer den Flechten noch viele andere Beispiele von Symbiose grüner Algen mit anderen Organismen bekannt, ohne daß man jedoch entscheiden könnte, wie das Gleichgewicht des Vorteils beschaffen ist. Einzellige Algen hausen beispielsweise in den Wurzeln der Cycadeen und in vielen Wasserpflanzen, ja sogar im Plasma niederer im Wasser lebender Tiere trifft man Algen an. So ist zum Beispiel (vgl. Fig. 39) eine Art von dem Wimperinfusor Paramaecium dicht angefüllt mit kleinen kugeligen Algen (Chlorellen). Auch im Plasma von Amöben, in den Zellen der Darmhaut mancher im Wasser lebender Strudelwürmer, sowie in dem Süßwasserpolypen Hydra viridis (siehe Seite 72), im Plasma der Spongilla fluviatilis, des einzigen Vertreters der Spongien im süßen Wasser, leben grüne Algen. In vielen niederen Meeresorganismen, wie in Aktinien (Seerosen), Radiolarien usw. findet man gelblich gefärbte Kugelalgen. Bei diesen letzten Beispielen von Symbiose ist der Zusammenhang der beiden Parteien der denkbar engste, da ja die Algen in dem Plasma der Zellen selbst sich angesiedelt haben. Die Bedeutung dieser innigen Lebensgemeinschaft liegt nicht so klar am Tage. Schaden tun die eingedrungenen Algen dem Wirt keinesfalls; er hat sogar wahrscheinlich einen gewissen Vorteil, da er von den Kohlehydraten (Zucker usw.) der assimilierenden Algen vielleicht profitiert. Da manche der letzteren auch sehr gut außerhalb des Wirtes gedeihen, ist ihr Vorteil dagegen etwas problematisch, wenn man nicht annehmen will, daß die wertvolle Kohlensäure, die das Tier bei seiner Atmung erzeugt, die Algen zu dieser Symbiose gelockt hat. Eins ist auf alle Fälle sehr merkwürdig, nämlich der Umstand, daß die Algen im Innern der Amöben, Infusorien, der Darmzellen der Würmer usw. nicht ebenso verdaut werden, wie andere von außen aufgenommene Algen, Diatomeen, Bakterien, von denen ja, wie früher gesagt wurde, diese Tiere sich nähren. Weshalb widerstehen diese symbiontischen Algen den starken verdauenden Kräften, mit denen die Infusorienzelle, die Darmzelle usw. ausgerüstet ist? Dieselbe Frage hatten wir ja schon früher für die Zellen der Magenwand selbst aufgeworfen. Weshalb verdaut

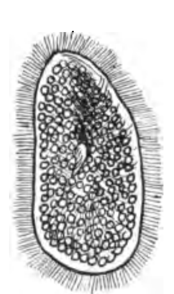


Fig. 39. Paramaecium bursaria, ein Wimperinfusor, in dessen Plasma eine Menge kleiner grüner Kugelalgen (Chlorellen) leben. 250 fach vergr.

diese sich im Leben nicht? Weshalb fallen ferner die Darmparasiten (Spulwürmer, Bandwürmer) nicht den Verdauungsfermenten zum Opfer, die doch mit größter Schnelligkeit Eiweiß auflösen? Bei den Darmparasiten ist eine Tatsache entdeckt worden, die ihre Unangreifbarkeit verständlich macht. Sie besitzen nämlich ein Gegenferment, das die Wirkung der Verdauungsfermente des Darmes aufhebt, und das, aus dem Körper der Parasiten ausgezogen, auch im Reagenzrohr die Auflösung von

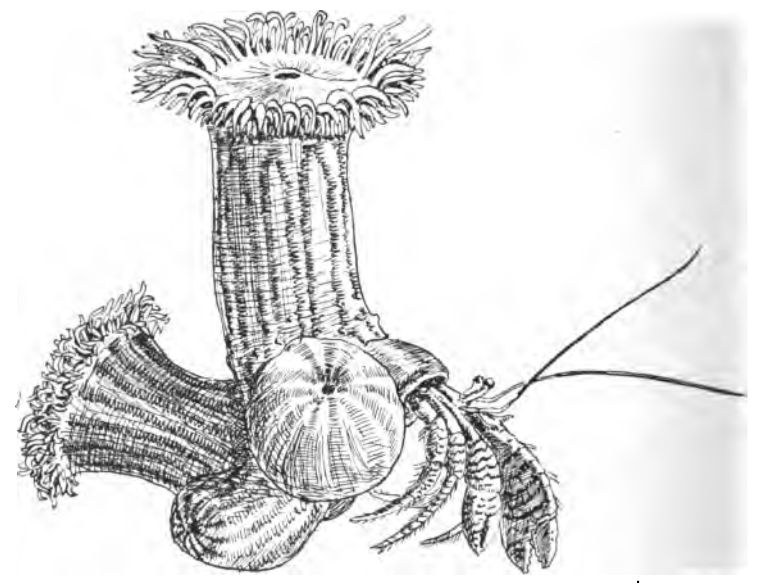


Fig. 40. Der Einsiedlerkrebs (Pagurus Prideauxi). Auf dem Schneckenhause, in dem der Krebs seinen weichhäutigen Hinterleib verbirgt, sitzen vier Aktinien, von denen die oberste ihre Tentakeln ganz ausgebreitet hat. Halbe natürliche Größe (nach Andres).

Eiweiß durch Verdauungsfermente verhindert. Vielleicht spielen ähnliche „Antifermente" auch bei der Symbiose von Algen mit den obenerwähnten Tieren eine Rolle.

Manche Gemeinschaften zwischen verschiedenen Tieren lassen sich noch schwieriger unter dem Gesichtspunkt der gegenseitigen Nützlichkeit auffassen, so daß man fast von Freundschaft versucht wäre zu reden, wenn nicht dieser Begriff der organischen Natur gänzlich fremd wäre.

Der Einsiedlerkrebs (Pagurus Prideauxi) besitzt bekanntlich einen weichhäutigen Hinterleib, den er in leere Schnecken- oder Seeigelschalen hineinschiebt (vergl. Figur 40). Auf letzteren sitzen nun regelmäßig ein oder mehrere Exemplare von Seerosen (Adamsia palliata). Es macht einen verblüffend grotesken Eindruck, wenn man diese Kombination: das Schneckenhaus mit den bärtigen Aktinien darauf, bewegt durch Krebsbeine daherschwanken sieht. Wenn dem Krebs das Haus zu eng geworden ist, zieht er um, d. h. er kriecht in ein größeres. Seine Genossin, die Aktinie, nimmt er aber mit. Er löst sie vorsichtig los und verpflanzt sie auf sein neues Dach. Hieraus geht hervor, daß die Aktinie nicht ein gewöhnlicher Ansiedler ist, der sich statt auf Steine einmal auf ein Paguruswohnhaus gesetzt hat, sondern daß innigere Beziehungen zwischen diesen beiden Wesen herrschen. Vielleicht beschützt die Aktinie den Schaleneingang mittels ihrer Nesselfäden und wird dafür mit den Abfällen von der Mahlzeit des Krebses entschädigt. Außerdem ist es für sie, die gewöhnlich fest an einer Stelle sitzt, gewiß vorteilhaft auf dem Dache ihres Freundes hin und her zu reisen.

Außerordentlich zahlreich sind die Beispiele, wo ein Organismus auf oder in einem anderen haust, ohne ihn zu schädigen, aber auch ohne etwas anderes von ihm in Anspruch zu nehmen, als Raum zum Wohnen. Pflanzliche Ansiedler dieser Art bezeichnet man als Epiphyten. Die Epiphytenvegetation ist besonders üppig in den Tropen entwickelt, wo prächtige Orchideen, Aroideen, Bromeliazeen und Farne die Baumäste überwuchern. In unserer Flora ist sie weniger auffallend, wenngleich sie ganz charakteristisch vertreten ist. Die Flechten, die Moose, die Algen, die besonders im Gebirge die Stämme unserer Waldbäume überziehen, sind Epiphyten. Im Meere sind Epiphyten ebenfalls weit verbreitet; oft siedelt sich eine Algenart auf einer anderen an. Selbst auf Tieren lassen sich manche Algenarten nicht selten nieder. So sind die Krabben oft mit einem dichten Wald von Algen bedeckt, unter denen sie oft ganz verschwinden und erst dann ihre Anwesenheit verraten, wenn sich dieser kleine Wald anfängt zu bewegen.

Tiere, die in oder auf anderen Organismen zur Miete wohnen, werden als Epöken bezeichnet. Ihre Zahl ist ebenfalls außerordentlich groß. Die meisten trifft man wieder im Meere an. Auf den festen Schalen von Muscheln und Schnecken, in

den Kiemen, der Mundhöhle und in der Haut von Fischen, im Enddarm von Seesternen, Seeigeln, Seegurken (Holothurien), in den Hohlräumen der Badeschwämme, in dem Magen der Seerosen und Quallen hausen Epöken, die den verschiedensten Tierarten angehören. Protozoen, Polypen, Würmer, besonders oft verschiedene Arten von Krebstieren, ja sogar Fische trifft man unter ihnen. Sehr bekannt und oft zitiert ist das Beispiel eines kleinen, blassen, schlanken Fisches (Fierasfer acus), der im Mittelländischen Meere lebt. Er schlüpft mit dem Schwanze voran in die Afteröffnung von Holothurien (Seewalzen oder -gurken) und von da in die sogenannten Wasserlungen, prall mit Wasser gefüllte Säcke. Nur gelegentlich verläßt dieser Aftermieter sein Versteck um sich außerhalb Nahrung zu suchen; er kehrt jedoch beim Herannahen einer Gefahr schleunigst wieder in dasselbe zurück.

# Aus Natur und Geisteswelt

## Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich

**Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.**

## Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

### Allgemeines Bildungswesen. Erziehung und Unterricht.

**Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung.** Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 3. Aufl. Von Prof. Dr. W. Münch. Mit einem Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)

**Der Leipziger Student von 1409—1909.** Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)

**Geschichte des deutschen Schulwesens.** Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 85.)

**Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart.** Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe. (Bd. 299.)

**Allgemeine Pädagogik.** Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)

**Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat.** Von Dr. W. A. Lay. 2. Aufl. Mit 2 Abb. (Bd. 224.)

**Psychologie des Kindes.** Von Prof. Dr. R. Gaupp. 3. Aufl. Mit 18 Abb. (Bd. 213.)

**Moderne Erziehung in Haus und Schule.** Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 159.)

**Großstadtpädagogik.** Von J. Tews. (Bd. 327.)

**Schulkämpfe der Gegenwart.** Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)

**Die höhere Mädchenschule in Deutschland.** Von Oberlehrerin M. Martin. (Bd. 65.)

**Vom Hilfsschulwesen.** Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)

**Das deutsche Fortbildungsschulwesen.** Von Direktor Dr. Fr. Schilling. (Bd. 256.)

**Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung.** Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 140.)

**Das moderne Volksbildungswesen.** Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliothekar Dr. G. Fritz. Mit 14 Abb. (Bd. 266.)

**Die amerikanische Universität.** Von Ph. D. E. D. Perry. Mit 22 Abb. (Bd. 206.)

**Technische Hochschulen in Nordamerika.** Von Prof. S. Müller. Mit zahlr. Abb., Karte u. Lageplan. (Bd. 190.)

**Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten.** Von Dir. Dr. F. Kuypers. Mit 48 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 150.)

**Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit.** Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor K. Möller. 2 Bde. Band II: In Vorb. (Bd. 188/189.)

**Schulhygiene.** Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 3. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)

**Jugend-Fürsorge.** Von Waisenhaus-Direktor Dr. J. Petersen. 2 Bde. (Bd. 161. 162.)

**Pestalozzi.** Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. P. Natorp. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis u. 1 Brieffaksimile. (Bd. 250.)

**Herbarts Lehren und Leben.** Von Pastor O. Flügel. Mit 1 Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)

**Friedrich Fröbel.** Sein Leben und sein Wirken. Von A. von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)

### Religionswissenschaft.

**Leben und Lehre des Buddha.** Von weil. Prof. Dr. R. Pischel. 2. Aufl. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)

**Germanische Mythologie.** Von Prof. Dr. J. v. Negelein. 2. Aufl. (Bd. 95.)

**Mystik im Heidentum und Christentum.** Von Dr. E. Lehmann. (Bd. 217.)

**Palästina und seine Geschichte.** Von Prof. Dr. H. Freiherr von Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Ansichten. (Bd. 6.)

Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Von Gymnasialoberlehrer Dr. P. Thomsen. Mit 36 Abb. (Bd. 260.)

Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. 2. Aufl. (Bd. 52)

Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. H. Weinel. 3. Aufl. (Bd. 46.)

Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. P. Mehlhorn. 2. Aufl. (Bd. 137.)

Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor C. Bonhoff. (Bd. 89.)

Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer A. Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)

Der Apostel Paulus und sein Werk. Von Prof. Dr. E. Vischer. (Bd. 309.)

Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bde. (Bd. 297. 298.)

Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. J. Geffcken. 2. Aufl. (Bd. 54.)

Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. Mit 2 Bildn. Luthers. (Bd. 113.)

Johann Calvin. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)

Die Jesuiten. Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 2. Aufl. (Bd. 49.)

Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. A. H. Braasch. 2. Auflage. (Bd. 66.)

Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. P. Kalweit. (Bd. 225.)

Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick. Von Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)

Einführung in die Theologie: Pastor M. Cornils. (Bd. 347.)

## Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie. Von Prof. Dr. R. Richter. 2. Aufl. (Bd. 155.)

Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor H. Richert. (Bd. 186.)

Aesthetik. Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. J. Cohn. 2. Aufl. Mit 6 Bildn. (Bd. 176.)

Griechische Weltanschauung. Von Privatdoz. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)

Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. L. Busse. 5. Aufl., herausgegeben von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)

Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr O. Külpe. 5. Aufl. (Bd. 41.)

Rousseau. Von Prof. Dr. P. Hensel. Mit 1 Bildn. (Bd. 180.)

Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. O. Külpe. 3. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 146.)

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Von Realschuldirektor H. Richert. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis. (Bd. 81.)

Herbert Spencer. Von Dr. K. Schwarze. Mit 1 Bildn. (Bd. 245.)

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Aufl. (Bd. 12.)

Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von weil. Prof. Dr. O. Kirn. 2. Aufl. (Bd. 177.)

Die Mechanik des Geisteslebens. Von Prof. Dr. M. Verworn. 2. Aufl. Mit 18 Fig. (Bd. 200.)

Die Seele des Menschen. Von Prof. Dr. J. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. (Bd. 199.)

## Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 267.)

Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 268.)

Rhetorik. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. Von Dr. E. Geißler. (Bd. 310.)

Wie wir sprechen. Von Dr. E. Richter. (Bd. 354.)

Die deutschen Personennamen. Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 4. Aufl. (Bd. 7.)

Die deutsche Volkssage. Von Dr. O. Böckel. (Bd. 262.)

Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Chr. Gaehde. Mit 20 Abb. (Bd. 230.)

Das Drama. Von Dr. B. Busse. Mit Abbildungen. 2 Bde. (Bd. 287/288.)

Bd. I: Von der Antike zum französischen Klassizismus. (Bd. 287.)

Bd. II: Von Versailles bis Weimar (Bd. 288.)

Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. H. Spiero. (Bd. 254.)

Schiller. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit Bildnis Schillers. 2. Aufl. (Bd. 74.)

Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. G. Witkowski. 3. Aufl. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 51.)

Deutsche Romantik. Von Prof. Dr. O. F. Walzel. 2. Aufl (Bd. 232.)

Friedrich Hebbel. Von Dr. A. Schapire-Neurath. Mit 1 Bildn. Hebbels. (Bd. 238.)

Gerhart Hauptmann. Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. Gerhart Hauptmanns. (Bd. 283.)

Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von weil. Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildn. (Bd. 193.)

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. E. Sieper. Mit 3 Taf. u. 3 Textb. (Bd. 185.)

## Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Dir. Prof. Dr. Th. Volbehr. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)

Die Ästhetik. Von Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)

Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst. Von Dr. E. Cohn-Wiener. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 317/318.)

Band I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abb. (Bd. 317.)

Band II: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 31 Abb. (Bd. 318.)

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Taf. u. 32 Abb. (Bd. 272.)

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. A. Matthaei. 3. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 8.)

Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 62 Abb. u. 3 Taf. (Bd. 326.)

Die deutsche Illustration. Von Prof. Dr. R. Kautzsch. Mit 35 Abb. (Bd. 44.)

Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. B. Haendcke. Mit 63 Abb. (Bd. 198.)

Albrecht Dürer. Von Dr. R. Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)

Rembrandt. Von Prof. Dr. P. Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)

Niederländische Malerei im 17. Jahrhundert. Von Dr. H. Jantzen. Mit zahlr. Abbild. (Bd. 373.)

Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. R. Graul. Mit 49 Abb. (Bd. 87.)

Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)

Geschichte der Gartenkunst. Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 41 Abb. (Bd. 274.)

Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. H. Rietsch. (Bd. 178.)

Einführung in das Wesen der Musik. Von Prof. C. R. Hennig. (Bd. 119.)

Klavier, Orgel, Harmonium. Das Wesen der Tasteninstrumente. Von Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)

Geschichte der Musik. Von Dr. Fr. Spiro. (Bd. 143.)

Haydn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. C. Krebs. Mit 4 Bildn. (Bd. 92.)

Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Silhouette. (Bd. 239.)

Das Kunstwerk Richard Wagners. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Bildnis R. Wagners. (Bd. 330.)

Das moderne Orchester in seiner Entwicklung. Von Prof. Dr. Fr. Volbach. Mit Partiturbeisp. u. 2 Instrumententab. (Bd. 308.)

## Geschichte und Kulturgeschichte.

**Das Altertum im Leben der Gegenwart.** Von Prof. Dr. P. Cauer. (Bd. 356.)

**Kulturbilder aus griechischen Städten.** Von Oberlehrer Dr. E. Ziebarth. 2. Aufl. Mit 23 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 131.)

**Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien.** Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 2. Aufl. Mit 62 Abb. (Bd. 114.)

**Soziale Kämpfe im alten Rom.** Von Privatdoz. Dr. L. Bloch. 2. Aufl. (Bd. 22.)

**Roms Kampf um die Weltherrschaft.** Von Prof. Dr. J. Kromayer. (Bd. 368.)

**Byzantinische Charakterköpfe.** Von Privatdoz. Dr. K. Dieterich. Mit 2 Bildn. (Bd. 244.)

**Germanische Kultur in der Urzeit.** Von Prof. Dr. G. Steinhausen. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 75.)

**Mittelalterliche Kulturideale.** Von Prof. Dr. V. Vedel. 2 Bde.
Bd. I: Heldenleben. (Bd. 292.)
Bd. II: Ritterromantik. (Bd. 293.)

**Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte.** Von Dir. Dr. E. Otto. 2. Aufl. Mit 27. Abb. (Bd. 45.)

**Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter.** Von Prof. Dr. B. Heil. 3. Aufl. Mit zahlr. Abb. u. 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)

**Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland.** Von Reg.-Baum. a. D. A. Erbe. Mit 59 Abb. (Bd. 117.)

**Das deutsche Dorf.** Von R. Mielke. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)

**Das deutsche Haus und sein Hausrat.** Von Prof. Dr. R. Meringer. Mit 106 Abb. (Bd. 116.)

**Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses.** Von Reg.-Baum. Chr. Ranck. Mit 70 Abb. (Bd. 121.)

**Geschichte des deutschen Bauernstandes.** Von Prof. Dr. H. Gerdes. Mit 21 Abb. (Bd. 320.)

**Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung.** Von Dir. Dr. E. Otto. 3. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 14.)

**Deutsche Volksfeste und Volkssitten.** Von H. S. Rehm. Mit 11 Abb. (Bd. 214.)

**Deutsche Volkstrachten.** Von Pfarrer C. Spieß. (Bd. 342.)

**Familienforschung.** Von Dr. E. Devrient. (Bd. 350.)

**Die Münze als hist. Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben.** Von Prof. Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abb. (Bd. 91.)

**Das Buchgewerbe und die Kultur.** Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abb. (Bd. 182.)

**Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit.** Von Prof. Dr. O. Weise. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 4.)

**Das Zeitungswesen.** Von Dr. H. Diez. (Bd. 328.)

**Das Zeitalter der Entdeckungen.** Von Prof. Dr. S. Günther. 3 Aufl. Mit 1 Weltk. (Bd. 26.)

**Von Luther zu Bismarck.** 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. O. Weber. (Bd. 123. 124.)

**Friedrich der Große.** Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. Mit 2 Bildn. (Bd. 246.)

**Geschichte der Französischen Revolution.** Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. (Bd. 346.)

**Napoleon I.** Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)

**Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrh.** Von Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. 2. Aufl. (Bd. 129.)

**Restauration und Revolution.** Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

**Die Reaktion und die neue Ära.** Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 101.)

**Vom Bund zum Reich.** Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. (Bd. 102.)

**1848.** Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. O. Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

**Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907.** Von Richard Charmatz. 2 Bde. [I 2. Aufl.] Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242). Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

**Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrhundert bis auf unsere Tage.** Von Prof. Dr. W. Langenbeck. Mit 19 Bildn. (Bd. 174.)

**Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika.** Von Prof. Dr. E. Daenell. (Bd. 147.)

**Die Amerikaner.** Von N. M. Butler. Deutsche Ausg. bes. von Prof. Dr. W. Paszkowski. (Bd. 319.)

## Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

**Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900 (fortgeführt bis zur Gegenwart).** Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. W. Lotz. 3. Aufl. (Bd. 15.)

**Das Postwesen, seine Entwicklung und Bedeutung.** Von Postr. J. Bruns. (Bd. 165.)

**Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung.** Von Postr. J. Bruns. Mit 4 Fig. (Bd. 183.)

**Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart.** Von Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)

## Erdkunde.

**Mensch und Erde.** Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. A. Kirchhoff. 3. Aufl. (Bd. 31.)

**Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch.** Von Prof. Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)

**Die Polarforschung.** Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. K. Hassert. 2. Aufl. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)

**Die Städte.** Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. K. Hassert. Mit 21 Abb. (Bd. 163.)

**Wirtschaftl. Erdkunde.** Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Bearbeitet von Prof. Dr. K. Dove. (Bd. 122.)

**Politische Geographie.** Von Dr. E. Schöne. (Bd. 353.)

**Die deutschen Volksstämme und Landschaften.** Von Prof. Dr. O. Weise. 4. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 16.)

**Ostseegebiet.** Von Privatdozent Dr. G. Braun. (Bd. 367.)

**Die Alpen.** Von H. Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)

**Die deutschen Kolonien.** (Land und Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 3. Aufl. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 98.)

**Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen.** Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)

**Australien und Neuseeland.** Land, Leute und Wirtschaft. Von Prof. Dr. R. Schachner. (Bd. 366.)

**Der Orient.** Eine Länderkunde. Von E. Banse. 3 Bde. Mit zahlr. Abb. u. Karten. (Bd. 277. 278. 279.) Band I: Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abb., 10 Kartenskizzen, 3 Diagr. u. 1 Tafel. (Bd. 277.) Band II: Der arabische Orient. Mit 29 Abb. u. 7 Diagr. (Bd. 278.) Band III: Der arische Orient. Mit 34 Abb., 3 Kartenskizzen u. 2 Diagr. (Bd. 279.)

## Anthropologie. Heilwissenschaft und Gesundheitslehre.

**Der Mensch der Urzeit.** Vier Vorlesungen aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts. Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 62.)

**Die moderne Heilwissenschaft.** Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

**Der Arzt.** Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)

**Der Aberglaube in der Medizin** und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)

**Arzneimittel und Genußmittel.** Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)

**Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers.** Von Prof. Dr. H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 32.)

**Die Anatomie des Menschen.** Von Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 5 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.) I. Teil: Allg. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abb. (Bd. 201.) II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abb. (Bd. 202.) III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abb. (Bd. 203.) IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.) V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. Mit 20 Abb. (Bd. 263.)

**Moderne Chirurgie.** Von Prof. Dr. Feßler. Mit Abb. (Bd. 339.)

**Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre.** Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

**Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen.** Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

**Das menschliche Gebiß,** seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abb. (Bd. 229.)

**Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung.** Von Dr. M. David. Mit 26 Abb. (Bd. 321.)

**Schulhygiene.** Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 3. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)

**Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande.** Von Prof. Dr. R. Zander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)

**Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.**

**Die fünf Sinne des Menschen.** Von Prof. Dr. J. K. Kreibig. 2. Aufl. Mit 30 Abb. (Bd. 27.)

**Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege.** Von Prof. Dr. med. G. Abelsdorff. Mit 15 Abb. (Bd. 149.)

**Die menschliche Stimme und ihre Hygiene.** Von Prof. Dr. P. H. Gerber. 2. Aufl. Mit 20 Abb. (Bd. 136.)

**Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung.** Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 2. Aufl. Mit 4 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 251.)

**Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung.** Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 2. Aufl. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)

**Die krankheiterregenden Bakterien.** Von Privatdoz. Dr. M. Loehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)

**Geisteskrankheiten.** Von Anstaltsoberarzt Dr. G. Ilberg. (Bd. 151.)

**Krankenpflege.** Von Chefarzt Dr. B. Leick. (Bd. 152.)

**Gesundheitslehre für Frauen.** Von weil. Privatdoz. Dr. R. Sticher. Mit 13 Abb. (Bd. 171.)

**Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege.** Von Dr. W. Kaupe. Mit 17 Abb. (Bd. 154.)

**Der Alkoholismus.** Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abb. (Bd. 103.)

**Ernährung und Volksnahrungsmittel.** Von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. Neu bearb. von Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 19.)

**Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit.** Von Prof. Dr. R. Zander. 3. Aufl. Mit 19 Abb. (Bd. 13.)

## Naturwissenschaften. Mathematik.

**Naturwissenschaften u. Mathematik im klassischen Altertum.** Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. (Bd. 370.)

**Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre.** Von Prof. Dr. F. Auerbach. 3. Aufl. Mit 79 Fig. (Bd. 40.)

**Die Lehre von der Energie.** Von Dr. A. Stein. Mit 13 Fig. (Bd. 257.)

**Moleküle — Atome — Weltäther.** Von Prof. Dr. G. Mie. 3. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 58.)

**Die großen Physiker und ihre Leistungen.** Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abb. (Bd. 324.)

**Werdegang der modernen Physik.** Von Dr. H. Keller. (Bd. 343.)

**Einleitung in die Experimentalphysik.** Von Prof. Dr. R. Börnstein. Mit zahlr. Abb. (Bd. 371.)

**Das Licht und die Farben.** Von Prof. Dr. L. Graetz. 3. Aufl. Mit 117 Abb. (Bd. 17.)

**Sichtbare und unsichtbare Strahlen.** Von Prof. Dr. R. Börnstein u. Prof. Dr. W. Marckwald. 2. Aufl. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)

**Die optischen Instrumente.** Von Dr. M. v. Rohr. 2. Aufl. Mit 84 Abb. (Bd. 88.)

**Die Brille.** Von Dr. M. von Rohr. Mit zahlr. Abb. (Bd. 372.)

**Spektroskopie.** Von Dr. L. Grebe. Mit 62 Abb. (Bd. 284.)

**Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung.** Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abb. (Bd. 35.)

**Das Stereoskop und seine Anwendungen.** Von Prof. Th. Hartwig. Mit 40 Abb. u. 19 Taf. (Bd. 135.)

**Die Lehre von der Wärme.** Von Prof. Dr. R. Börnstein. Mit 33 Abb. (Bd. 172.)

**Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung.** Von Dr. H. Alt. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)

**Luft, Wasser, Licht und Wärme.** Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abb. (Bd. 5.)

**Das Wasser.** Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)

**Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe.** Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Fig. (Bd. 187.)

**Die Erscheinungen des Lebens.** Von Prof. Dr. H. Miehe. Mit 40 Fig. (Bd. 130.)

**Abstammungslehre und Darwinismus.** Von Prof. Dr. R. Hesse. 3. Aufl. Mit 37 Fig. (Bd. 39.)

**Experimentelle Biologie.** Von Dr. C. Thesing. Mit Abb. 2 Bde. Band I: Experimentelle Zellforschung. (Bd. 336.) Band II: Regeneration, Transplantation und verwandte Gebiete. (Bd. 337.)

**Einführung in die Biochemie.** Von Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 352.)

**Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung.** Von Dr. E. Teichmann. Mit 7 Abb. u. 4 Doppeltaf. (Bd. 70.)

**Das Werden und Vergehen der Pflanzen.** Von Prof. Dr. P. Gisevius. Mit 24 Abb. (Bd. 173.)

**Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen.** Von Prof. Dr. E. Küster. Mit 38 Abb. (Bd. 112.)

**Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser).** Von Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Fig. (Bd. 10.)

**Die fleischfressenden Pflanzen.** Von Dr. A. Wagner. Mit Abb. (Bd. 344.)

**Der deutsche Wald.** Von Prof. Dr. H. Hausrath. Mit 15 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 153.)

**Die Pilze.** Von Dr. A. Eichinger. Mit 54 Abb. (Bd. 334.)

**Weinbau und Weinbereitung.** Von Dr. F. Schmitthenner. (Bd. 332.)

**Der Obstbau.** Von Dr. E. Voges. Mit 13 Abb. (Bd. 107.)

**Unsere Blumen und Pflanzen im Zimmer.** Von Prof. Dr. U. Dammer. (Bd. 359.)

**Unsere Blumen und Pflanzen im Garten.** Von Prof Dr. U. Dammer. (Bd. 360.)

**Kolonialbotanik.** Von Prof. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)

**Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke.** Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 132.)

**Die Milch und ihre Produkte.** Von Dr. A. Reitz. (Bd. 326.)

**Die Pflanzenwelt des Mikroskops.** Von Bürgerschullehrer E. Reukauf. Mit 100 Abb. (Bd. 181.)

**Die Tierwelt des Mikroskops** (die Urtiere). Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 39 Abb. (Bd. 160.)

**Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt.** Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)

**Der Kampf zwischen Mensch und Tier.** Von Prof. Dr. K. Eckstein. 2. Aufl. Mit 51 Fig. (Bd. 18.)

**Tierkunde.** Eine Einführung in die Zoologie. Von weil. Privatdoz. Dr. K. Hennings. Mit 34 Abb. (Bd. 142.)

**Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere.** Von Prof. Dr. W. Lubosch. Mit 107 Abb. (Bd. 282.)

**Die Stammesgeschichte unserer Haustiere.** Von Prof. Dr. C. Keller. Mit 28 Fig. (Bd. 252.)

**Die Fortpflanzung der Tiere.** Von Prof. Dr. R. Goldschmidt. Mit 77 Abb. (Bd. 253.)

**Tierzüchtung.** Von Dr. G. Wilsdorf. (Bd. 369.)

**Deutsches Vogelleben.** Von Prof. Dr. A. Voigt. (Bd. 221.)

**Vogelzug und Vogelschutz.** Von Dr. W. R. Eckardt. Mit 6 Abb. (Bd. 218.)

**Korallen und andere gesteinbildende Tiere.** Von Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

**Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere.** Von Prof. Dr. O. Maas. Mit 11 Karten u. Abb. (Bd. 139.)

**Die Bakterien.** Von Prof. Dr. E. Gutzeit. Mit 13 Abb. (Bd. 233.)

**Die Welt der Organismen.** In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)

**Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt** (Dimorphismus). Von Dr. Fr. Knauer. Mit 37 Fig. (Bd. 148.)

**Die Ameisen.** Von Dr. Fr. Knauer. Mit 61 Fig. (Bd. 94.)

**Das Süßwasser-Plankton.** Von Prof. Dr. O. Zacharias. 2. Aufl. Mit 49 Abb. (Bd. 156.)

**Meeresforschung und Meeresleben.** Von Dr. O. Janson. 2. Aufl. Mit 41 Fig. (Bd. 30.)

**Das Aquarium.** Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)

**Wind und Wetter.** Von Prof. Dr. L. Weber. 2. Aufl. Mit 28 Fig. u. 3 Tafeln. (Bd. 55.)

**Gut und schlecht Wetter.** Von Dr. R. Hennig. (Bd. 349.)

**Der Kalender.** Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)

**Der Bau des Weltalls.** Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Aufl. Mit 26 Fig. (Bd. 24.)

**Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft.** Von Prof. Dr. B. Weinstein. (Bd. 223.)

**Aus der Vorzeit der Erde.** Von Prof. Dr. Fr. Frech. In 6 Bdn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abbildungen. (Bd. 207—211, 61.) Band I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abb. (Bd. 207.) Band II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abb. (Bd. 208.) Band III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 51 Abb. (Bd. 209.) Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Abb. (Bd. 210.) Band V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 211.) Band VI: Gletscher einst und jetzt. 2. Aufl. (Bd. 61.)

**Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit.** Von Prof. Dr. S. Oppenheim. Mit 24 Abb. (Bd. 110.)

**Probleme der modernen Astronomie.** Von Prof. Dr. S. Oppenheim. (Bd. 355.)

**Die Sonne.** Von Dr. A. Krause. Mit zahlreichen Abb. (Bd. 357.)

**Der Mond.** Von Prof. Dr. J. Franz. Mit 31 Abb. (Bd. 90.)

**Die Planeten.** Von Prof. Dr. B. Peter. Mit 18 Fig. (Bd. 240.)

**Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht.** Von Prof. Dr. P. Crantz. In 2 Bdn. Mit zahlr. Fig. (Bd. 120. 205.) I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 2. Aufl. Mit 9 Fig. (Bd. 120.) II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 2. Aufl. Mit 21 Fig. (Bd. 205.)

**Praktische Mathematik.** Von Dr. R. Neuendorff. I. Teil: Graphisches u. numerisches Rechnen. Mit 62 Figuren und 1 Tafel. (Bd. 341.)

**Planimetrie zum Selbstunterricht.** Von Prof. Dr. P. Crantz. Mit 99 Fig. (Bd. 340.)

**Einführung in die Infinitesimalrechnung** mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)

**Mathematische Spiele.** Von Dr. W. Ahrens. 2. Aufl. Mit 70 Fig. (Bd. 170.)

**Das Schachspiel** und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. M. Lange. Mit den Bildnissen E. Laskers und P. Morphys, 1 Schachbrettafel und 43 Darst. von Übungsspielen. (Bd. 281.)

## Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

**Am sausenden Webstuhl der Zeit.** Von Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl.) Mit 16 Abb. (Bd. 23.)

**Bilder aus der Ingenieurtechnik.** Von Baurat K. Merckel. Mit 43 Abb. (Bd. 60.

**Schöpfungen der Ingenieurtechnik** der Neuzeit. Von Baurat K. Merckel. 2. Aufl. Mit 55 Abb. (Bd. 28.)

**Die Handfeuerwaffen.** Ihre Entwicklung und Technik. Von Hauptmann R. Weiß. Mit 69 Abb. (Bd. 364.)

**Der Eisenbetonbau.** Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)

**Das Eisenhüttenwesen.** Von Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 3. Aufl. Mit 15 Fig. (Bd. 20.)

**Die Metalle.** Von Prof. Dr. K. Scheid. 2. Aufl. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)

**Mechanik.** Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. 3 Bde. (Bd. 303/305.) Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abb. (Bd. 303.) Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. Mit 34 Abb. (Bd. 304.) Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorb.) (Bd. 305.)

**Maschinenelemente.** Von Prof. R. Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)

**Hebezeuge.** Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. R. Vater. Mit 67 Abb. (Bd. 196.)

**Dampf und Dampfmaschine.** Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 45 Abb. (Bd. 63.)

**Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen** (Gasmaschinen). Von Prof. R. Vater. 3. Aufl. Mit 33 Abb. (Bd. 21.)

**Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen.** Von Prof. R. Vater. 2. Aufl. Mit 48 Abb. (Bd. 86.)

**Die Wasserkraftmaschinen** und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. Mit 73 Fig. (Bd. 228.)

**Landwirtsch. Maschinenkunde.** Von Prof. Dr. G. Fischer. Mit 62 Abb. (Bd. 316.)

**Die Spinnerei.** Von Dir. Prof. M. Lehmann. Mit Abb. (Bd. 338.)

**Die technische Entwicklung der Eisenbahnen** der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. E. Biedermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)

**Die Klein- und Straßenbahnen.** Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)

**Das Automobil.** Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. K. Blau. 2. Aufl. Mit 83 Abb. (Bd. 166.)

**Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Dr. R. Blochmann. Mit 128 Abb. (Bd. 168.)

**Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung.** Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 58 Abb. (Bd. 235.)

**Drähte und Kabel,** ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)

**Die Funkentelegraphie.** Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustr. (Bd. 167.)

**Nautik.** Von Dir. Dr. J. Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)

**Die Luftschiffahrt,** ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Nimführ. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)

**Die Beleuchtungsarten** der Gegenwart. Von Dr. W. Brüsch. Mit 155 Abb. (Bd. 108.)

**Heizung und Lüftung.** Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

**Industrielle Feuerungsanlagen und Dampfkessel.** Von Ingenieur J. E. Mayer. (Bd. 348.)

**Die Uhr.** Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abb. (Bd. 216.)

**Wie ein Buch entsteht.** Von Prof. A. W. Unger. 3. Aufl. Mit 7 Taf. u. 26 Abb. (Bd. 175.)

**Einführung in die chemische Wissenschaft.** Von Prof. Dr. W. Löb. Mit 16 Fig. (Bd. 264.)

**Bilder aus der chemischen Technik.** Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.)

**Der Luftstickstoff und seine Verwertung.** Von Prof. Dr. K. Kaiser. Mit 13 Abb. (Bd. 313.)

**Agrikulturchemie.** Von Dr. P. Krische. Mit 21 Abb. (Bd. 314.)

**Die Bierbrauerei.** Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)

**Chemie und Technologie der Sprengstoffe.** Von Prof. Dr. R. Biedermann. Mit 15 Fig. (Bd. 286.)

**Photochemie.** Von Prof. Dr. G. Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

**Die Kinematographie.** Von Dr. H. Lehmann. (Bd. 358.)

**Elektrochemie.** Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

**Die Naturwissenschaften im Haushalt.** Von Dr. J. Bongardt. 2 Bde. Mit zahlr. Abb. (Bd. 125. 126.)
I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.) II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abb. (Bd. 126.)

**Chemie in Küche und Haus.** Von weil. Prof. Dr. G. Abel. 2. Aufl. von Dr. J. Klein. Mit 1 Doppeltafel. (Bd. 76.)

# Die Kultur der Gegenwart

## ihre Entwicklung und ihre Ziele

**Herausgegeben von Professor Paul Hinneberg**

**Von Teil I und II sind erschienen:**

Teil I, Abt. 1: **Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.** Bearb. von: W. Lexis, Fr. Paulsen, G. Schöppa, G. Kerschensteiner, A. Matthias, H. Gaudig, W. v. Dyck, E. Pallat, K. Kraepelin, J. Lessing, O. N. Witt, P. Schlenther, G. Göhler, K. Bücher, R. Pietschmann, F. Milkau, H. Diels. 2. Aufl. (XIV u. 716 S.) Lex.-8. 1912. Geh. M. 18.—, in Leinwand geb. M. 20.—

„Die berufensten Fachleute reden über ihr Spezialgebiet in künstlerisch so hochstehender, dabei dem Denkenden so leicht zugehender Sprache, zudem mit einer solchen Konzentration der Gedanken, daß Seite für Seite nicht nur hohen künstlerischen Genuß verschafft, sondern einen Einblick in die Einzelgebiete verstattet, der an Intensität kaum von einem anderen Werke übertroffen werden könnte." (Nationalzeitung, Basel.)

Teil I, Abt. 3, I: **Die orientalischen Religionen.** Bearb. von: E. Lehmann, A. Erman, C. Bezold, H. Oldenberg, J. Goldziher, A. Grünwedel, J. J. M. de Groot, K. Florenz, H. Haas. (VII u. 267 S.) Lex.-8. 1906. Geh. M. 7.—, in Leinwand geb. M. 9.—

„Auch dieser Band des gelehrten Werkes ist zu inhaltvoll und zu vielseitig, um auf kurzem Raum gewürdigt werden zu können. Auch er kommt den Interessen des bildungsbedürftigen Publikums und der Gelehrtenwelt in gleichem Maße entgegen. ... Die Zahl und der Klang der Namen aller beteiligten Autoren bürgen dafür, daß ein jeder nur vom Besten das Beste zu geben bemüht war." (Berliner Tageblatt.)

Teil I, Abt. 4, I: **Geschichte der christlichen Religion.** Mit Einleitung: Die israelitisch-jüdische Religion. Bearbeitet von J. Wellhausen, A. Jülicher, A. Harnack, N. Bonwetsch, K. Müller, A. Ehrhard, E. Troeltsch. 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage. (X u. 792 S.) Lex.-8. 1909. Geb. M. 18.—, in Leinwand geb. M. 20.—

# Die Kultur der Gegenwart

Teil I, Abt. 4. II: **Systematische christliche Religion.** Bearbeitet von: E. Troeltsch, J. Pohle, J. Mausbach, C. Krieg, W. Herrmann, R. Seeberg, W. Faber, H. J. Holtzmann. 2., verb. Auflage. (VIII u. 279 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 6.60, in Leinwand geb. M. 8.—

„... Die Arbeiten des ersten Teiles sind sämtlich, dafür bürgt schon der Name der Verfasser, ersten Ranges. Am meisten Aufsehen zu machen verspricht Troeltsch, Aufriß der Geschichte des Protestantismus und seiner Bedeutung für die moderne Kultur.... Alles in allem, der vorliegende Band legt Zeugnis ab dafür, welche bedeutende Rolle für die Kultur der Gegenwart Christentum und Religion spielen." **(Zeitschr. f. Kirchengeschichte.)**

Teil I, Abt. 5: **Allgemeine Geschichte der Philosophie.** Bearbeitet v.: W. Wundt, H. Oldenberg, J. Goldziher, W. Grube, T. Jnouye, H. v. Arnim, Cl. Baeumker. W. Windelband. (VIII u. 572 S.) Lex.-8. 1909. Geh. M. 12.—, in Leinw. geb. M. 14.—

„... Man wird nicht leicht ein Buch finden, das, wie die ‚Allgemeine Geschichte der Philosophie' von einem gleich hohen überblickenden und umfassenden Standpunkt aus, mit gleicher Klarheit und Tiefe und dabei in fesselnder Darstellung eine Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bei den primitiven Völkern bis in die Gegenwart und damit eine Geschichte des geistigen Lebens überhaupt gibt." **(Zeitschrift f. lateinl. höh. Schulen.)**

Teil I, Abt. 6: **Systematische Philosophie.** Bearbeitet von: W. Dilthey, A. Riehl, W. Wundt, W. Ostwald, H. Ebbinghaus, R. Eucken, Fr. Paulsen, W. Münch, Th. Lipps. 2. Aufl. (X u. 435 S.) Lex.-8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„Hinter dem Rücken jedes der philosophischen Forscher steht Kant, wie er die Welt in ihrer Totalität dachte und erlebte; der ‚neukantische', rationalisierte Kant scheint in den Hintergrund treten zu wollen, und in manchen Köpfen geht bereits das Licht des gesamten Weltlebens auf." **(Archiv für systematische Philosophie.)**

„Um es gleich vorweg zu sagen: Von philosophischen Büchern, die sich einem außerhalb der engen Fachkreise stehenden Publikum anbieten, wüßte ich nichts Besseres zu nennen als diese Systematische Philosophie." **(Pädagogische Zeitung.)**

Teil I, Abt. 7: **Die orientalischen Literaturen.** Bearbeitet von: E. Schmidt, A. Erman, C. Bezold, H. Gunkel, Th. Nöldeke, M. J. de Goeje, R. Pischel, K. Geldner, P. Horn, F. N. Finck, W. Grube, K. Florenz. (IX u. 419 S.) Lex.-8. 1906. Geh. M. 10.—, in Leinw. geb. M. 12.—

„... So bildet dieser Band durch die Klarheit und Übersichtlichkeit der Anlage, Knappheit der Darstellung, Schönheit der Sprache ein in hohem Grade geeignetes Hilfsmittel zur Einführung in das Schrifttum der östlichen Völker, die gerade in den letzten Jahrzehnten unser Interesse auf sich gelenkt haben." **(Leipziger Zeitung.)**

Teil I, Abt. 8: **Die griechische und lateinische Literatur und Sprache.** Bearbeitet von: U. v. Wilamowitz-Moellendorff, K. Krumbacher, J. Wackernagel, Fr. Leo, E. Norden, F. Skutsch. 3. Auflage. (VIII u. 582 S.) Lex.-8. 1912. Geh. M. 12.—. in Leinwand geb. M. 14.—

„Das sei allen sechs Beiträgen nachgerühmt, daß sie sich dem Zwecke des Gesamtwerkes in geradezu bewundernswerter Weise angepaßt haben: immer wieder wird des Lesers Blick auf die großen Zusammenhänge hingelenkt, die zwischen der klassischen Literatur und Sprache und unserer Kultur bestehen." **(Byzantinische Zeitschrift.)**

Teil I, Abt. 9: **Die osteuropäischen Literaturen** und die slawischen Sprachen. Bearbeitet von: V. v. Jagić, A. Wesselovsky, A. Brückner. J. Máchal, M. Murko, A. Thumb, Fr. Riedl, E. Setälä, G. Suits, A. Bezzenberger, E. Wolter. (VIII u. 396 S.) Lex.-8. 1908. Geh. M. 10.—, in Leinwand geb. M. 12.—

„... Eingeleitet wird der Band mit einer ausgezeichneten Arbeit Jagićs über ‚Die slawischen Sprachen'. Für den keiner slawischen Sprache kundigen Leser ist diese Einführung sehr wichtig. Ihr folgt eine Monographie der russischen Literatur aus der Feder des geistvollen Wesselovsky. Die südslawischen Literaturen von Murko sind hier in deutscher Sprache wohl erstmals zusammenfassend behandelt worden. Mit Wolters Abschnitt der lettischen Literatur schließt der verdienstvolle Band, der jedem unentbehrlich sein wird, der sich mit dem einschlägigen Schrifttum bekannt machen will." **(Berliner Lokal-Anzeiger.)**

# Zur Biologie · Botanik · Zoologie

**Die Fundamente der Entstehung der Arten.** Zwei in den Jahren 1842 und 1844 verfaßte Essays. Von Charles Darwin. Hrsg. von seinem Sohn Francis Darwin. Dtsch. Übersetzung v. Maria Semon. Geh. M. 4.—, in Leinw. geb. M. 5.—

Man findet in diesen Fundamenten die Keime zur Entstehung der Arten, zu fast allen späteren Werken Darwins deutlich vorgebildet.

**Experimentelle Zoologie.** Von Th. Hunt Morgan, Deutsche autorisierte und verb. Ausgabe von H. Rhumbler. Mit zahlr. Abb. Geh. M. 11.—, in Leinw. geb. M. 12.—

**Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experiment. Bedingungen.** Von H. S. Jennings. Deutsch von Dr. E. Mangold. Mit 144 Fig. Geh. M. 9.—, in Leinwand geb. M. 10.—

„...Der klare und durchsichtige Aufbau der Gedankengänge, die sorgfältigen Zusammenfassungen in den einzelnen Abschnitten und die ansprechende Darstellung sind geeignet, das Verständnis für eine Reihe komplizierter Fragen auch in weitere, naturwissenschaftlich denkende Kreise zu tragen...." (Botanische Zeitung.)

**Lebensweise und Organisation.** Von Prof. Dr. P. Deegener, Privatdoz. an der Universität Berlin. Eine Einführung in die Biologie der wirbellosen Tiere. Mit 154 Abb. gr. 8. In Leinw. geb. M. 6.—

Das vorliegende Buch ist von einem bestimmten theoretischen Standpunkt aus geschrieben, ohne doch in einer Theorie zu gipfeln. Es will dem selbstdenkenden Leser Materialien an die Hand geben, ein eigenes, begründetes Urteil zu gewinnen, und enthält sich daher tunlichst breiter theoretischer Darlegungen.

**Blumen und Insekten,** ihre Anpassung aneinander und ihre gegenseitige Abhängigkeit. Von Prof. Dr. O. v. Kirchner. Mit 2 Taf. u. 159 Fig. Geh. M. 6.60, in Leinw. geb. M. 7.50.

**Instinkt und Gewohnheit.** Von C. Lloyd Morgan, F.R.S. Autoris. deutsche Übersetzung von M. Semon. Geh. M. 5.—, in Leinw. geb. M. 6.—

„Dieses sehr beachtenswerte Werk ist so flott übersetzt worden, daß seine Lektüre ein wahrer Genuß ist. Auch der naturwissenschaftlich interessierte Laie wird unbedingt auf seine Kosten kommen." (Münchener Neueste Nachr.)

**Einführung in die Biologie.** Von Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. Mit 303 Abb., 5 farbigen Taf. u. 2 Karten. In Leinw. geb. M. 4.—

„...Jeder, der naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise nicht völlig abgeneigt ist und der die elementaren Vorkenntnisse dazu mitbringt, wird in diesem Buche mit hohem Genuß und Nutzen lesen...." (Dtsch. Literaturztg.)

**Blütengeheimnisse.** Eine Blütenbiologie in Einzelbildern. Von Prof. Dr. Georg Worgitzky. Mit 47 Abb., u. 1 farb. Tafel von P. Flanderky. 2., verm. Aufl. In Leinw. geb. M. 3.—

„Ein vortreffliches und reizend illustriertes kleines Buch, das allen Freunden der Pflanzenwelt willkommen sein wird...." (Gaea.)

**Naturgeschichte für die Großstadt.** Von W. Pfalz. 2 Teile in Leinwand geb. je M. 3.—
I. Teil: Tiere u. Pflanzen der Straßen, Plätze, Anlagen, Gärten und Wohnungen. Mit 50 Federzeichnungen.
II. Teil: Aquarium und Terrarium, Pflanzen der Gärten, Wohnungen, Anlagen und des Palmenhauses. Mit 54 Federzeichnungen.

**Botanisch-Geologische Spaziergänge i. d. Umgebung v. Berlin.** Von Dr. W. Gothan. Mit 23 Figur. Geh. M. 1.80, in Leinw. geb. M. 2.40.

**Unsere Pflanzen.** Ihre Namenserklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben. Von Dr. Franz Söhns. 4. Auflage. Mit Buchschmuck von J. V. Cissarz. In Leinwand geb. M. 3.—

**Mittelmeerbilder.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Theobald Fischer. Gesammelte Abhandlungen zur Kunde der Mittelmeerländer. Geb. M. 7.—

Neue Folge. Mit 8 Karten. Geb. M. 7.—

„... Ein Meister länderkundlicher Darstellung spricht hier zu uns, aber in einer Sprache, die sich bei allem wissenschaftlichen Ernst doch immer in den Grenzen allgemeiner Verständlichkeit und allgemeinen Interesses hält." (Deutsche Literaturzeitung.)

**Das Mittelmeergebiet.** Von Dr. A. Philippson. Seine geographische und kulturelle Eigenart. 2. Aufl. Mit 9 Fig. im Text, 13 Ansichten u. 10 Karten auf 15 Tafeln. Geb. . . . . . M. 7.—

„Von dem höchsten Standpunkte aus, auf den die heutige Wissenschaft den Forscher zu stellen vermag, läßt der Verfasser seinen Leser die unendliche, von nicht auszugenießenden Reizen verklärte Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen am Mittelmeer überschauen." (Norddeutsche Allgemeine Zeitung.)

**Ostasienfahrt.** Von Professor Dr. Franz Doflein. Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers in China, Japan und Ceylon. Mit zahlr. Abbild. und Karten. Geb. M. 13.—

„... Dofleins Ostasienfahrt gehört zu den allerersten Reiseschilderungen, die Ref. überhaupt kennt. Es liegt eine solche Fülle feinster Natur- und Menschenbeobachtung in dem Werk, über das Ganze ist ein solcher Zauber künstlerischer Auffassung gegossen, daß das Ganze nicht wie eine Reisebeschreibung wirkt, sondern wie ein Kunstwerk." (Die Umschau.)

**Die Polarwelt und ihre Nachbarländer.** Von Professor Dr. Otto Nordenskjöld. Mit 77 Abbildungen. Geb. . . . . . . . . . . . . . . M. 8.—

**Weltreisebilder.** Von Julius Meurer. Mit 116 Abb. sowie einer Weltkarte. Geb. . . . . . . M. 9.—

„... Ich möchte behaupten, daß der ‚Meurer' unter Umständen bessere Dienste tun kann als der ‚Baedeker'." (Die Zeit.)

---

**Lehrbuch der Physik.** Von E. Grimsehl. Große Ausgabe. 2. Auflage. Mit 1296 Fig., 2 farb. Tafeln u. einem Anhange, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. gr. 8. 1912. Geh. M. 15.—, in Leinw. geb. M. 16.—

„Auch der gebildete Laie, der das Bedürfnis hat, auf Grund einer guten naturwissenschaftlichen Allgemeinausbildung seine physikalischen Kenntnisse zu vertiefen, wird das Buch mit Nutzen verwenden können. .... Mit einem Worte, das Buch verdient in wissenschaftlicher, methodischer und didaktischer Hinsicht volle Anerkennung." . (Natur und Erziehung.)

**Populäre Astrophysik.** Von Dr. J. Scheiner. 2., ergänzte Auflage. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. gr. 8. 1912. In Leinw. geb. M. 14.—

„... Und soweit es überhaupt möglich ist, dem Laien einen Einblick in diese schwierige Materie zu erschließen, dürfte der Verfasser seine Aufgabe mit großer Geschicklichkeit gelöst haben. Der Vortrag Scheiners ist populärwissenschaftlich im besten Sinne: klar, eindringlich, frei von allen jetzt üblichen Mätzchen der naturwissenschaftlichen Popularschriftstellerei. Vortreffliche Abbildungen unterstützen das Verständnis des vortrefflichen Textes." (Propyläen.)

„Das Buch ist zum mindesten für den Laien zu einem Kompendium der Astrophysik geworden. Sehr unterstützt wird der Text durch ein passend gewähltes und vorzüglich ausgeführtes Illustrationsmaterial." (Deutsche Literaturzeitung.)

**Experimentelle Elektrizitätslehre,** verbunden mit einer Einführung in die Maxwellsche und die Elektronentheorie der Elektrizität und des Lichts. 2. Auflage. Mit 334 Abbildungen. gr. 8. 1910. In Leinwand geb. M. 12.—

„... Nur durch so echt wissenschaftliche Behandlung, also durch feste theoretische Fundierung, konnte auf so kleinem Raum so viel gebracht werden, und zwar so gebracht werden, daß man es bei der Lektüre wirklich ‚erlebt'. Auch die prinzipiellen Seiten der technischen Anwendung sind sehr ausgiebig eingefügt, so daß das Buch gleichzeitig eine Einführung in die Elektrotechnik ist, wie es zurzeit kaum eine bessere in Deutschland gibt. Die Ausstattung ist dem Gehalte entsprechend." (H. Th. Simon in der Physikalischen Zeitschrift.)

# Zur Biologie · Botanik · Zoologie

**Die Fundamente der Entstehung der Arten.** Zwei in den Jahren 1842 und 1844 verfaßte Essays. Von Charles Darwin. Hrsg. von seinem Sohn Francis Darwin. Autoris. Übersetzung v. Maria Semon. Geh. M. 4.—, in Leinw. geb. M. 5.—

Man findet in diesen Fundamenten die Keime zur Entstehung der Arten, zu fast allen [illegible] deutlich vorgebildet.

**Experimentelle Zoologie.** Von Th. Hunt Morgan. Deutsche autorisierte und verb. Ausgabe von H. Rhumbler. Mit zahlr. Abb. Geh. M. 11.—, in Leinw. geb. M. 12.—

**Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experiment. Bedingungen.** Von H. S. Jennings. Deutsch von Dr. E. Mangold. Mit 144 Fig. Geh. M. 9.—, in Leinwand geb. M. 10.—

„... Der klare und ausführliche Aufbau der Gedankengänge, [illegible] (Botanische Zeitung.)

**Lebensweise und Organisation.** Von Prof. Dr. P. Deegener, Privatdoz. an der Universität Berlin. Eine Einführung in die Biologie der wirbellosen Tiere. Mit 154 Abb. gr. 8. In Leinw. geb. M. 6.—

[illegible]

**Blumen und Insekten,** ihre Anpassung aneinander und ihre gegenseitige Abhängigkeit. Von Prof. Dr. O. v. Kirchner. Mit 2 Taf. u. 159 Fig. Geh. M. 6.60, in Leinw. geb. M. 7.50.

**Instinkt und Gewohnheit.** Von C. Lloyd Morgan, F. R. S. Autoris. deutsche Übersetzung von M. Semon. Geh. M. 5.—, in Leinw. geb. M. 6.—

„Dieses sehr bedeutende Werk [illegible]" (Münchener Neueste Nachr.)

**Einführung in die Biologie.** Von Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. Mit 303 Abb., 5 farbigen Taf. u. 2 Karten. In Leinw. geb. M. 4.—

„Jeder, der naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise nicht völlig abgeneigt ist und der die elementaren Vorkenntnisse dazu mitbringt, wird in diesem Buche mit hohem Genuß und Nutzen lesen..." ([illegible])

**Blütengeheimnisse.** Eine Blütenbiologie in Einzelbildern. Von Prof. Dr. Georg Worgitzky. Mit 47 Abb. u. 1 farb. Tafel von P. Flanderky. 2., verm. Aufl. In Leinw. geb. M. 3.—

„Ein vortreffliches und reizend illustriertes kleines Buch, das allen Freunden der Pflanzenwelt willkommen sein wird..." (Gaea.)

**Naturgeschichte für die Großstadt.** Von W. Pfalz. 2 Teile in Leinwand geb. je M. 3.—
I. Teil: Tiere u. Pflanzen der Straßen, Plätze, Anlagen, Gärten und Wohnungen. Mit 84 Federzeichnungen.
II. Teil: Aquarium und Terrarium, Pflanzen der Gärten, Wohnungen, Anlagen und des Palmenhauses. Mit 54 Federzeichnungen.

**Botanisch-Geologische Spaziergänge i. d. Umgebung v. Berlin.** Von Dr. W. Gothan. Mit 23 Figur. Geh. M. 1.80, in Leinw. geb. M. 2.40.

**Unsere Pflanzen.** Ihre Namenserklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben. Von Dr. Franz Söhns. 4. Auflage. Mit Buchschmuck von J. V. Cissarz. In Leinwand geb. M. 3.—

**Mittelmeerbilder.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Theobald Fischer. Gesammelte Abhandlungen zur Kunde der Mittelmeerländer. Geb. M. 7.—

Neue Folge. Mit 8 Karten. Geb. M. 7.—

„... Ein Meister länderkundlicher Darstellung spricht hier zu uns, aber in einer Sprache, die sich bei allem wissenschaftlichen Ernst doch immer in den Grenzen allgemeiner Verständlichkeit und allgemeinen Interesses hält." (Deutsche Literaturzeitung.)

**Das Mittelmeergebiet.** Von Dr. A. Philippson. Seine geographische und kulturelle Eigenart. 2. Aufl. Mit 9 Fig. im Text, 13 Ansichten u. 10 Karten auf 15 Tafeln. Geb. . . . . M. 7.—

„Von dem höchsten Standpunkte aus, auf den die heutige Wissenschaft den Forscher zu stellen vermag, läßt der Verfasser seinen Leser die unendliche, von nicht auszugenießenden Reizen verklärte Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen am Mittelmeer überschauen." (Norddeutsche Allgemeine Zeitung.)

**Ostasienfahrt.** Von Professor Dr. Franz Doflein. Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers in China, Japan und Ceylon. Mit zahlr. Abbild. und Karten. Geb. M. 13.—

„... Dofleins Ostasienfahrt gehört zu den allerersten Reiseschilderungen, die Ref. überhaupt kennt. Es liegt eine solche Fülle feinster Natur- und Menschenbeobachtung in dem Werk, über das Ganze ist ein solcher Zauber künstlerischer Auffassung gegossen, daß das Ganze nicht wie eine Reisebeschreibung wirkt, sondern wie ein Kunstwerk." (Die Umschau.)

**Die Polarwelt und ihre Nachbarländer.** Von Professor Dr. Otto Nordenskjöld. Mit 77 Abbildungen. Geb. . . . . . . . . . . . . . M. 8.—

**Weltreisebilder.** Von Julius Meurer. Mit 116 Abb. sowie einer Weltkarte. Geb. . . . . . . M. 9.—

„... Ich möchte behaupten, daß der ‚Meurer' unter Umständen bessere Dienste tun kann als der ‚Baedeker'." (Die Zeit.)

---

**Lehrbuch der Physik.** Von E. Grimsehl. Große Ausgabe. 2. Auflage. Mit 1296 Fig., 2 farb. Tafeln u. einem Anhange, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. gr. 8. 1912. Geh. M. 15.—, in Leinw. geb. M. 16.—

„Auch der gebildete Laie, der das Bedürfnis hat, auf Grund einer guten naturwissenschaftlichen Allgemeinausbildung seine physikalischen Kenntnisse zu vertiefen, wird das Buch mit Nutzen verwenden können. .... Mit einem Worte, das Buch verdient in wissenschaftlicher, methodischer und didaktischer Hinsicht volle Anerkennung." . (Natur und Erziehung.)

**Populäre Astrophysik.** Von Dr. J. Scheiner. 2., ergänzte Auflage. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. gr. 8. 1912. In Leinw. geb. M. 14.—

„... Und soweit es überhaupt möglich ist, dem Laien einen Einblick in diese schwierige Materie zu erschließen, dürfte der Verfasser seine Aufgabe mit großer Geschicklichkeit gelöst haben. Der Vortrag Scheiners ist populärwissenschaftlich im besten Sinne: klar, eindringlich, frei von allen jetzt üblichen Mätzchen der naturwissenschaftlichen Popularschriftstellerei. Vortreffliche Abbildungen unterstützen das Verständnis des vortrefflichen Textes." (Propyläen.)

„Das Buch ist zum mindesten für den Laien zu einem Kompendium der Astrophysik geworden. Sehr unterstützt wird der Text durch ein passend gewähltes und vorzüglich ausgeführtes Illustrationsmaterial." (Deutsche Literaturzeitung.)

**Experimentelle Elektrizitätslehre,** verbunden mit einer Einführung in die Maxwellsche und die Elektronentheorie der Elektrizität und des Lichts. 2. Auflage. Mit 334 Abbildungen. gr. 8. 1910. In Leinwand geb. M. 12.—

„... Nur durch so echt wissenschaftliche Behandlung, also durch feste theoretische Fundierung, konnte auf so kleinem Raum so viel gebracht werden, und zwar so gebracht werden, daß man es bei der Lektüre wirklich ‚erlebt'. Auch die prinzipiellen Seiten der technischen Anwendung sind sehr ausgiebig eingefügt, so daß das Buch gleichzeitig eine Einführung in die Elektrotechnik ist, wie es zurzeit kaum eine bessere in Deutschland gibt. Die Ausstattung ist dem Gehalte entsprechend." (H. Th. Simon in der Physikalischen Zeitschrift.)

**Künstlerischer Wand… …us**

# B.G.Teubners farbige Künstler-Steinzeichnungen

**(Original-Lithographien) entsprechen allein vollwertig Original-Gemälden. Keine Reproduktion kann ihnen gleichkommen an künstlerischem Wert. Sie bilden den schönsten Zimmerschmuck und behaupten sich in vornehm ausgestatteten Räumen ebensogut, wie sie das einfachste Wohnzimmer schmücken.**

**Die Sammlung enthält ca. 180 Blätter der bedeutendsten Künstler,** wie: Karl Bantzer, Karl Bauer, O. Bauriedl, F. Beckert, Artur Bendrat, Karl Biese, H. Eichrodt, Otto Fikentscher, Walter Georgi, Franz Hein, Franz Hoch, F. Hodler, F. Kallmorgen, Gustav Kampmann, Erich Kuithan, Otto Leiber, Ernst Liebermann, Emil Orlik, Maria Ortlieb, Sascha Schneider, W. Strich-Chapell, Hans von Volkmann, H. B. Wieland u. a.



r. 82. F. Hecker: Weihnachtsabend. 75×55 cm. M. 5.–

Verkleinerte farbige Wiedergabe der Original-Lithographie.

„Von den Bilderunternehmungen der letzten Jahre, die der neuen ‚ästhetischen Bewegung' entsprungen sind, begrüßen wir eins mit ganz ungetrübter Freude: den ‚künstlerischen Wandschmuck für Schule und Haus', den die Firma B. G. Teubner in Leipzig herausgibt.... Wir haben hier wirklich einmal ein aus warmer Liebe zur guten Sache mit rechtem Verständnis in ehrlichem Bemühen geschaffenes Unternehmen vor uns — fördern wir es, ihm und uns zu Nutz, nach Kräften!"

**(Kunstwart.)**

**Vollständiger Katalog** der Künstler-Steinzeichnungen mit farbiger Wiedergabe von ca. 180 Blättern gegen Einsend. von 40 Pf. (Ausland 50 Pf.) vom Verlag B. G. Teubner, Leipzig, Poststr. 3

# Zur Biologie · Botanik · Zoologie

**Die Fundamente der Entstehung der Arten.** Zwei in den Jahren 1842 und 1844 verfaßte Essays. Von Charles Darwin. Hrsg. von seinem Sohn Francis Darwin. Dtsch. Übersetzung v. Maria Semon. Geh. M. 4.—, in Leinw. geb. M. 5.—

Man findet in diesen Fundamenten die Keime zur Entstehung der Arten, zu fast allen späteren Werken Darwins deutlich vorgebildet.

**Experimentelle Zoologie.** Von Th. Hunt Morgan, Deutsche autorisierte und verb. Ausgabe von H. Rhumbler. Mit zahlr. Abb. Geh. M. 11.—, in Leinw. geb. M. 12.—

**Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experiment. Bedingungen.** Von H. S. Jennings. Deutsch von Dr. E. Mangold. Mit 144 Fig. Geh. M. 9.—, in Leinwand geb. M. 10.—

„... Der klare und durchsichtige Aufbau der Gedankengänge, die sorgfältigen Zusammenfassungen in den einzelnen Abschnitten und die ansprechende Darstellung sind geeignet, das Verständnis für eine Reihe komplizierter Fragen auch in weitere, naturwissenschaftlich denkende Kreise zu tragen...." (Botanische Zeitung.)

**Lebensweise und Organisation.** Von Prof. Dr. P. Deegener, Privatdoz. an der Universität Berlin. Eine Einführung in die Biologie der wirbellosen Tiere. Mit 154 Abb. gr. 8. In Leinw. geb. M. 6.—

Das vorliegende Buch ist von einem bestimmten theoretischen Standpunkt aus geschrieben, ohne doch in einer Theorie zu gipfeln. Es will dem selbstdenkenden Leser Materialien an die Hand geben, ein eigenes, begründetes Urteil zu gewinnen, und enthält sich daher tunlichst breiter theoretischer Darlegungen.

**Blumen und Insekten,** ihre Anpassung aneinander und ihre gegenseitige Abhängigkeit. Von Prof. Dr. O. v. Kirchner. Mit 2 Taf. u. 159 Fig. Geh. M. 6.60, in Leinw. geb. M. 7.50.

**Instinkt und Gewohnheit.** Von C. Lloyd Morgan, F.R.S. Autoris. deutsche Übersetzung von M. Semon. Geh. M. 5.—, in Leinw. geb. M. 6.—

„Dieses sehr beachtenswerte Werk ist so flott übersetzt worden, daß seine Lektüre ein wahrer Genuß ist. Auch der naturwissenschaftlich interessierte Laie wird unbedingt auf seine Kosten kommen." (Münchener Neueste Nachr.)

**Einführung in die Biologie.** Von Dr. K. Kraepelin. 2. Aufl. Mit 303 Abb., 5 farbigen Taf. u. 2 Karten. In Leinw. geb. M. 4.—

„... Jeder, der naturwissenschaftlicher Betrachtungsweise nicht völlig abgeneigt ist und der die elementaren Vorkenntnisse dazu mitbringt, wird in diesem Buche mit hohem Genuß und Nutzen lesen...." (Dtsch. Literaturztg.)

**Blütengeheimnisse.** Eine Blütenbiologie in Einzelbildern. Von Prof. Dr. Georg Worgitzky. Mit 47 Abb., u. 1 farb. Tafel von P. Flanderky. 2., verm. Aufl. In Leinw. geb. M. 3.—

„Ein vortreffliches und reizend illustriertes kleines Buch, das allen Freunden der Pflanzenwelt willkommen sein wird...." (Gaea.)

**Naturgeschichte für die Großstadt.** Von W. Pfalz. 2 Teile in Leinwand geb. je M. 3.—
I. Teil: Tiere u. Pflanzen der Straßen, Plätze, Anlagen, Gärten und Wohnungen. Mit 50 Federzeichnungen.
II. Teil: Aquarium und Terrarium, Pflanzen der Gärten, Wohnungen, Anlagen und des Palmenhauses. Mit 54 Federzeichnungen.

**Botanisch-Geologische Spaziergänge i. d. Umgebung v. Berlin.** Von Dr. W. Gothan. Mit 23 Figur. Geh. M. 1.80, in Leinw. geb. M. 2.40.

**Unsere Pflanzen.** Ihre Namenserklärung und ihre Stellung in der Mythologie und im Volksaberglauben. Von Dr. Franz Söhns. 4. Auflage. Mit Buchschmuck von J. V. Cissarz. In Leinwand geb. M. 3.—

# Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

**Mittelmeerbilder.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Theobald Fischer. Gesammelte Abhandlungen zur Kunde der Mittelmeerländer. Geb. M. 7.—

Neue Folge. Mit 8 Karten. Geb. M. 7.—

„... Ein Meister länderkundlicher Darstellung spricht hier zu uns, aber in einer Sprache, die sich bei allem wissenschaftlichen Ernst doch immer in den Grenzen allgemeiner Verständlichkeit und allgemeinen Interesses hält." (Deutsche Literaturzeitung.)

**Das Mittelmeergebiet.** Von Dr. A. Philippson. Seine geographische und kulturelle Eigenart. 2. Aufl. Mit 9 Fig. im Text, 13 Ansichten u. 10 Karten auf 15 Tafeln. Geb. . . . . . M. 7.—

„Von dem höchsten Standpunkte aus, auf den die heutige Wissenschaft den Forscher zu stellen vermag, läßt der Verfasser seinen Leser die unendliche, von nicht auszugenießenden Reizen verklärte Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen am Mittelmeer überschauen." (Norddeutsche Allgemeine Zeitung.)

**Ostasienfahrt.** Von Professor Dr. Franz Doflein. Erlebnisse und Beobachtungen eines Naturforschers in China, Japan und Ceylon. Mit zahlr. Abbild. und Karten. Geb. M. 13.—

„... Dofleins Ostasienfahrt gehört zu den allerersten Reiseschilderungen, die Ref. überhaupt kennt. Es liegt eine solche Fülle feinster Natur- und Menschenbeobachtung in dem Werk, über das Ganze ist ein solcher Zauber künstlerischer Auffassung gegossen, daß das Ganze nicht wie eine Reisebeschreibung wirkt, sondern wie ein Kunstwerk." (Die Umschau.)

**Die Polarwelt und ihre Nachbarländer.** Von Professor Dr. Otto Nordenskjöld. Mit 77 Abbildungen. Geb. . . . . . . . . . . . . . . M. 8.—

**Weltreisebilder.** Von Julius Meurer. Mit 116 Abb. sowie einer Weltkarte. Geb. . . . . . . M. 9.—

„... Ich möchte behaupten, daß der ‚Meurer' unter Umständen bessere Dienste tun kann als der ‚Baedeker'." (Die Zeit.)

---

**Lehrbuch der Physik.** Von E. Grimsehl. Große Ausgabe. 2. Auflage. Mit 1296 Fig., 2 farb. Tafeln u. einem Anhange, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. gr. 8. 1912. Geh. M. 15.—, in Leinw. geb. M. 16.—

„Auch der gebildete Laie, der das Bedürfnis hat, auf Grund einer guten naturwissenschaftlichen Allgemeinausbildung seine physikalischen Kenntnisse zu vertiefen, wird das Buch mit Nutzen verwenden können. .... Mit einem Worte, das Buch verdient in wissenschaftlicher, methodischer und didaktischer Hinsicht volle Anerkennung." . (Natur und Erziehung.)

**Populäre Astrophysik.** Von Dr. J. Scheiner. 2., ergänzte Auflage. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. gr. 8. 1912. In Leinw. geb. M. 14.—

„... Und soweit es überhaupt möglich ist, dem Laien einen Einblick in diese schwierige Materie zu erschließen, dürfte der Verfasser seine Aufgabe mit großer Geschicklichkeit gelöst haben. Der Vortrag Scheiners ist populärwissenschaftlich im besten Sinne: klar, eindringlich, frei von allen jetzt üblichen Mätzchen der naturwissenschaftlichen Popularschriftstellerei. Vortreffliche Abbildungen unterstützen das Verständnis des vortrefflichen Textes." (Propyläen.)

„Das Buch ist zum mindesten für den Laien zu einem Kompendium der Astrophysik geworden. Sehr unterstützt wird der Text durch ein passend gewähltes und vorzüglich ausgeführtes Illustrationsmaterial." (Deutsche Literaturzeitung.)

**Experimentelle Elektrizitätslehre,** verbunden mit einer Einführung in die Maxwellsche und die Elektronentheorie der Elektrizität und des Lichts. 2. Auflage. Mit 334 Abbildungen. gr. 8. 1910. In Leinwand geb. M. 12.—

„... Nur durch so echt wissenschaftliche Behandlung, also durch feste theoretische Fundierung, konnte auf so kleinem Raum so viel gebracht werden, und zwar so gebracht werden, daß man es bei der Lektüre wirklich ‚erlebt'. Auch die prinzipiellen Seiten der technischen Anwendung sind sehr ausgiebig eingefügt, so daß das Buch gleichzeitig eine Einführung in die Elektrotechnik ist, wie es zurzeit kaum eine bessere in Deutschland gibt. Die Ausstattung ist dem Gehalte entsprechend." (H. Th. Simon in der Physikalischen Zeitschrift.)